

ANALEMA

BOLETIN DE LA ASOCIACION DE AMIGOS DE LOS RELOJES DE SOL

SUMARIO

- 1 EDITORIAL Editor
- 2 ABSTRACTS Editor
- 3 AMPLIACIÓN DEL CONCEPTO DE RELOJES
BIFILARES. RELOJES BISUPERFICIALES. ...J. Moreno
- 9 MÁS SOBRE EL MÉTODO
DE LA COSTURERA. M. Losot
- 11 SOBRE UN RELOJ DEL MUSEO
DE CHAMPAGNOLE. D' Ossogno
- 12 EL RELOJ DEL ORATORIO DE N^ºS^a DE LA
CONSOLACIÓN EN MALLORCA. M. Valdès
- 13 NICHOS, VENEROS, O RELOJ DE SOL. M. Milenio
- 16 RESEÑAS DE PUBLICACIONES. Editor
- 17 NOTAS Y COMENTARIOS. Redacción
- 18 TRAZADO DE RELOJES SOLARES
EN PLANOS VERTICALES. A. Angulo
- 21 GNOMÓNICA VECTORIAL. II. A. de Vicente
- 25 HORAS DE PASO DEL SOL POR EL
MERIDIANO CERO, PARA 1997. J. de la Calle

La Asociación de Amigos de los Relojes de Sol fue creada en Abril de 1988. Figura en el Registro de Asociaciones con la referencia N-18685. Su Junta Directiva está formada actualmente por: LUIS HIDALGO VELAYOS, Presidente; JACINTO DEL BUEY PÉREZ, Vicepresidente; MANUEL LOMBARDEO SOTO, Secretario General; ANTONIO DE VICENTE CANDEIRA, Tesorero; JESÚS DE LA CALLE MONTES, M. ÁNGEL HACAR BENITEZ, MANUEL MARÍA VALDÉS CARRACEDO, BALTASAR SOTERA ELIAS, Vocales; JUAN JOSÉ CAURCEL MORAN, ANTONIO ÁNGULO ALVAREZ, JAVIER MORENO BORES, Asesores.

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

Para el cumplimiento de estos fines se celebran reuniones periódicas, se mantiene contacto con otras Asociaciones o Entidades semejantes y se publica un Boletín Informativo cuatrimestral denominado ANALEMA. Ofrece a sus asociados los siguientes servicios:

- Información bibliográfica. Fondo con más de dos mil entradas referentes a Gnomónica
- Cálculo y diseño de relojes solares, petición de sus asociados o de cualquier entidad pública.
- Reseña de libros y tratados de Gnomónica.
- Traducción y revisión de artículos de revistas o boletines o publicaciones sobre estos temas.
- Asesoramiento para la construcción o reparación de relojes solares o instrumentos semejantes.
- Comprobación y datación de cuadrantes antiguos.

Estos servicios son prestados por la Asociación a título gratuito - o en casos especiales a coste estricto - a las personas o asociaciones que así lo soliciten y sean presentadas por algún socio. En todo caso los servicios de asesoramiento son totalmente gratuitos para las entidades culturales.

Para obtener la condición de Asociado es necesario, de acuerdo con los Estatutos, la presentación por dos Socios de la persona interesada, y su admisión por la Junta de Gobierno. La cuantía de su aportación, en concepto de cuota anual, es fijada libremente por el propio interesado, pudiendo ser nula si este así lo desea. No obstante, para recibir el presente Boletín y el resto de las publicaciones de la Asociación, deberá aportar una cuota mínima equivalente a los gastos de envío.

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

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

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

EDITORIAL

Es indudable que en la evolución de la historia de la Humanidad se han presentado —hasta ahora— tres etapas bien definidas. Están separadas por la invención o descubrimiento de la Escritura, la invención de la Imprenta, y la invención y desarrollo de la Computadora. Cada etapa ha ampliado la posibilidad de difusión de los conocimientos, incrementando exponencialmente el número de "Células Pensantes" de la Humanidad.

También el campo de la Gnomónica ha seguido esta evolución. Desde las antiguas construcciones megalíticas, los trazados empíricos, las construcciones geométricas y los cálculos astronómicos y matemáticos, hemos llegado a la Era de las Computadoras, relacionando algo tan moderno como el "Chip" y algo tan antiguo como la Sombra de un Objeto, expuesto al Sol.

Actualmente existen y son fácilmente asequibles numerosos programas informáticos que permiten el cálculo casi instantáneo de un Reloj solar clásico, en cualquier posición, lugar, y tipo de hora. O una tabla de declinaciones, o incluso de posiciones del Sol no solamente del año actual, sino en cualquier milenio. Podría parecer por lo tanto que la Gnomónica es una ciencia cerrada, que debe ser conservada en un Museo con los restos del hombre de Neardenthal y algunos instrumentos de piedra.

Es muy comprensible el punzante sentimiento de nostalgia que experimenta el gnomonista que aún utiliza y estudia las sutiles construcciones geométricas, los ingeniosos cambios de posición y la sugerente nomenclatura de los antiguos, clásicos, y casi venerables, tratados. Mas estos sentimientos también fueron compartidos por los Monjes o copistas en sus "scriptorio", que veía como sus admirables copias, con sus letras capitulares y sus bellísimas miniaturas, iban siendo rápidamente desplazadas por las, entonces, imperfectas letras de imprenta con sus crudos grabados xilográficos. Y además impresas en papel!

Mas en la actualidad la Gnomónica es mucho más que el Arte, o Ciencia, de calcular relojes de Sol, por complicados o monumentales que estos sean.

Es una Ciencia viva con múltiples actividades interdisciplinarias que la relacionan intensa y extensamente con la Historia, Geografía, Matemáticas, Etnografía, Paleografía, Literatura, Folklore, Urbanismo,...

Todas estas posibilidades se ven potenciadas por la utilización de los modernos instrumentos y métodos de investigación y cálculo, entre los cuales el más importante y transcendente es indudablemente el Ordenador.

No quiere esto decir que el ordenador sea mucho más que un medio cómodo, para desarrollar las capacidades creativas o de investigación de los gnomonistas, ni que quien no utilice la computadora no tiene nada que hacer en este campo. Antes al contrario, existe el peligro, muy concreto y comprobado, de que este nuevo Ídolo, como el Becerro de Oro, nos arrastre a una mística idolátrica, miope y restrictiva de la originalidad e intuición del Pensamiento humano.

Esperamos de nuestros lectores, (que están dotados de una gran intuición y perspicacia, como el mero hecho de serlo lo demuestra), que sepan utilizar estos nuevos instrumentos, dominando con mano firme su desbocado caminar.

ABSTRACTS

3/8 EXTENSION FROM THE CONCEPT OF BIFILAR SUNDIALS TO BISURFACES DIALS

The *Michnick* bifilar dial appears in 1922 as an extension of the concept of what we could denominate *Point dials*, because the hour is indicated by the shadow of a fixed point. In bifilar dials this point is replaced by the intersection of the shadows projected by two threads, or lines. But states that it is possible to extend this concept in order to use the shadows of two surfaces (three-dimensional objects), or the intersection of the shadows of a line and a solid object. On this sense we could denominate it a *bisuperficial dial*. The author, J. Moreno, explains a mathematics process useful to calculate such a new dial, and show us as an example a BI-cylinder one.

Really it is a very innovative sundial, we think. (and the reader will surely agree)

9/11 MORE ABOUT "THE DRESSMAKER METHOD"

In *Analema* 17 M.Losot exposed a system, humorously denominated *The dressmaker Method*, for design declining dials by means of only a graduated ribbon. By now the author explains and justifies some of the formulae he used to draw up this *gnomic-sartorial* method. We hope that the dial so designed will fit.

11/11 ABOUT A DIAL EXTANT AT THE CHAMPAGNOLE MUSEUM.

In the book *L'Heure au Soleil* by F Suagher, Perroud and Marchand appears a fragment of an galo-roman dial from the Second Century, with only three hour lines. The author investigates this fragment and get a whole reconstruction of this dial, designed for a latitude of 48,7°. Mr. D'Ossogno fecit. Very well.

12/12 THE DIAL AT THE CHAPEL OF Nª Sª DE LA CONSOLACIÓN (MAJORCA)

On the entrance arch of the Chapel of Nª Sª de la Consolación there is an dial seemly of the canonical type. Mr Valdés discusses the possibility and interpretation of such improbable dial, (As M.Valdés points out, in the Balearic Islands the development of the Christian culture was more delayed than in the rest of the Iberian Peninsula)

13/15 NICHE, SHELL, OR SUNDIAL ?

In this may be overillustrated article, the author, M. Milenio, tries to establish a correlation between the hollowed spaces found as vertical niches, Greek and Roman "scaphes" and the symbolic "venera". All those structures have a common feature: a ribbed shell that -the author says- may symbolise alternatively the Sky, the Time, the Celestial Dome, the Heavens, the Almighty, an so on. A point for the ubiquitous Scallop !

16/16 BOOKS : "RELOJES DE SOL EN CANTABRIA"

The "College of Technical Architects" of Cantabria (Formerly Santander Province) published in 1994 a book "Relojos de Sol en Cantabria" (Cantabrian Sundials). This was a first volume, as specified in *Analema* 14

By now the book has been completed with the second volume published in 1997, by the same authors M.A. García Guinea and E. De Diego Anbuhl. Size 24 by 24 cm. Pages: 455. Idiorn: Spanish. Price 4500 pesetas.

It is illustrated with a great number of drawings and photographs most in full colour. An excellent book, indeed, that completes the first volume already published.. ISBN 84 600 8944-4

17/17 NOTES AND COMMENTS

As usual, this is our gossip section, with news concerning a Symposium about the History of Gnomics, to be celebrated in Liege, Belgium. And a satisfactory information for our Society: At the Genk International Contest for select ten sundials to be constructed in the Molenwijzenpark, two dials presented by our Society members have been selected: They are MM. J. Moreno and R.Soler.

18/20 DESIGN OF VERTICAL SUNDIALS

The author explains a system of his own who can be used to definite and design vertical sundials in a declining plane. Includes a numerical example for a dial declining 9°30'. Author: A.A Angulo

21/24 VECTORIAL GNOMONICS

Continuation of a short treatise in Vectorial Gnomics. Second Chapter, by A. de Vicente. (to be continued)

25/25 MIDDAY MEAN TIME

A table with the Noon Mean Time. at the Zero Meridian (Greenwich) for every day of the year 1997. Precision better than one second. Calculated by J. De la Calle.

AMPLIACIÓN DEL CONCEPTO DE RELOJES BIFILARES A RELOJES DE DOS SUPERFICIES: RELOJES " BISUPERFICIALES "

J. MORENO BORES

Los relojes bifilares de Michnik aparecen en 1922 como una ampliación del concepto de lo que podríamos llamar "*relojes de punto*", es decir, relojes en los que el elemento indicador es la sombra de un punto fijo. En los relojes bifilares, el punto indicador es la intersección de las sombras de dos hilos o curvas en el espacio. En este artículo pretendemos llamar la atención sobre otro tipo posible de relojes: Aquellos en los que el punto indicador es la intersección de las sombras de dos superficies o cuerpos sólidos en el espacio (no ya de hilos o curvas, como en los bifilares), o la intersección de las sombras de un hilo y de un cuerpo sólido. Desconocemos si existen antecedentes de estos relojes. El autor agradecerá cualquier noticia o comentario al respecto.

Primero describiremos un par de métodos prácticos para el cálculo de las ecuaciones de las sombras de cuerpos sólidos (con algunos ejemplos resueltos), para exponer después el método de diseño del reloj con otro ejemplo real. Para facilitar la exposición nos limitaremos a un reloj horizontal.

En un próximo artículo describiremos algunos otros ejemplos de relojes bisuperficiales, dejando para un tercer trabajo los que podríamos llamar relojes *mixtos*, es decir, relojes con un hilo y una superficie como elementos generadores de sombra.

CÁLCULO DE LA ECUACIÓN DE LA SOMBRA DE UNASUPERFICIE CUALQUERA : PRIMER MÉTODO.

El método propuesto es el siguiente.

1º) Obtener la ecuación $F(x, y, z) = 0$ de la superficie tridimensional cuya sombra busquemos.

2º) Calcular las derivadas parciales:

$$\frac{\partial F(x, y, z)}{\partial x} \\ \frac{\partial F(x, y, z)}{\partial y} \\ \frac{\partial F(x, y, z)}{\partial z}$$

que son los componentes del gradiente que, como es

sabido, es un vector perpendicular a la superficie en un punto (x, y, z) .

3º) Determinar las ecuaciones que definen la directriz del cilindro formado por los rayos solares tangentes a la superficie. La primera ecuación será la de la superficie; la segunda será la resultante de la condición de perpendicularidad (producto escalar nulo) entre el vector del paso anterior (perpendicular a la superficie) y el rayo solar:

$$F(x, y, z) = 0 \\ S_x \frac{\partial F}{\partial x} + S_y \frac{\partial F}{\partial y} + S_z \frac{\partial F}{\partial z} = 0$$

S_x, S_y, S_z son las componentes (cosenos directores) del vector unitario rayo solar. Naturalmente, estas componentes dependen del sistema de ejes cartesianos de referencia elegido. Las expresiones que aquí se utilizan se refieren al sistema mostrado en las figuras:

$$S_x = -\cos \delta \sin t \\ S_y = -\sin \delta \cos \phi + \cos \delta \sin \phi \cos t \\ S_z = -\sin \delta \sin \phi - \cos \delta \cos \phi \cos t$$

en donde δ es la declinación solar (parámetro genérico), ϕ es la latitud de la localidad, y t es el ángulo horario (parámetro genérico).

4º) Determinar las ecuaciones de la generatriz del cilindro, en un punto genérico $(\alpha, \beta, 0)$ situado en el plano $z = 0$:

$$\frac{x - \alpha}{S_x} = \frac{y - \beta}{S_y} = \frac{z}{S_z}$$

5º) Eliminar las variables x, y, z entre las ecuaciones de la directriz y las de la generatriz. Se obtendrá una ecuación del tipo $f(\alpha, \beta) = 0$.

6º) En la ecuación del paso anterior sustituir α por x y β por y , y se habrá obtenido la ecuación $F_{\text{SOMBRA}}(x, y) = 0$ que es la ecuación de la sombra buscada de la superficie $F(x, y, z) = 0$ sobre el plano horizontal.

EJEMPLO 1.- Cálculo de la sombra del cilindro de radio r y eje horizontal Este-Oeste de la figura 1.

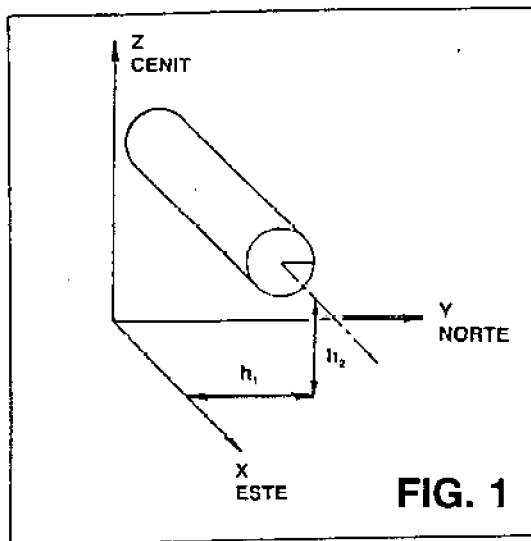


FIG. 1

1º) Ecuación del cilindro:

$$(y - h_1)^2 + (z - h_2)^2 - r^2 = 0$$

2º) Componentes del gradiente:

$$\frac{\partial F}{\partial x} = 0$$

$$\frac{\partial F}{\partial y} = 2(y - h_1)$$

$$\frac{\partial F}{\partial z} = 2(z - h_2)$$

3º) Directriz:

$$(y - h_1)^2 + (z - h_2)^2 - r^2 = 0$$

$$2(y - h_1)S_y + 2(z - h_2)S_z = 0$$

4º) Generatriz:

$$\frac{x - \alpha}{(y - h_1)^2} = \frac{y - \beta}{(z - h_2)^2} = \frac{z}{S_z} r^2 = 0$$

5º) Eliminación de x, y, z :

$$(S_z \beta + h_2 S_y - h_1 S_z)^2 = r^2 (S_y^2 + S_z^2)$$

6º) Sustituimos β por y :

$$y = + h_1 - h_2 \frac{S_y}{S_z} \pm r S_y \sqrt{\frac{1}{S_y^2} + \frac{1}{S_z^2}}$$

que es la ecuación buscada de la sombra. Se trata, como cabía esperar, de parejas de rectas paralelas al eje X.

CÁLCULO DE LA ECUACIÓN DE LA SOMBRA DE UNA SUPERFICIE: SEGUNDO MÉTODO.

Este segundo método es aplicable siempre que la ecuación $F(x, y, z) = 0$ de la superficie tenga la forma de polinomio algebraico. Suele ser más rápido y cómodo que el método anterior.

1º) Obtener la ecuación $F(x, y, z) = 0$ de la superficie tridimensional cuya sombra busquemos.

2º) Determinar las ecuaciones de la generatriz del cilindro, en un punto genérico $(\alpha, \beta, 0)$ situado en el plano $z = 0$:

$$\frac{x - \alpha}{S_x} = \frac{y - \beta}{S_y} = \frac{z}{S_z}$$

es decir:

$$x = \frac{S_x}{S_z} z + \alpha$$

$$y = \frac{S_y}{S_z} z + \beta$$

3º) Eliminar x, y , entre las ecuaciones de los pasos 1º y 2º anteriores, es decir, sustituir en la ecuación del paso 1º los valores del paso 2º:

$$F\left(\frac{S_x}{S_z} z + \alpha, \frac{S_y}{S_z} z + \beta, z\right) = 0$$

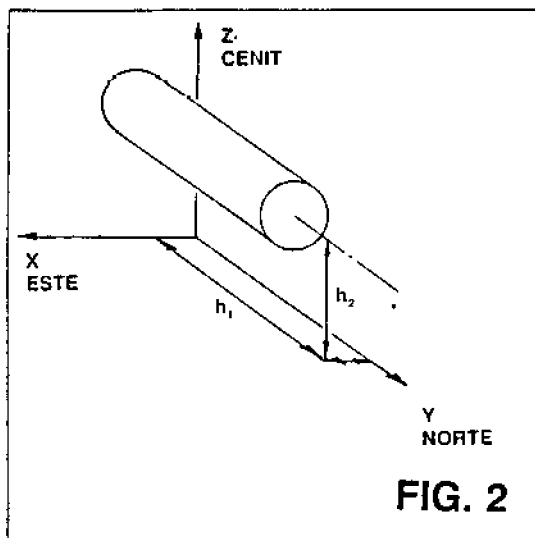
Ordenar respecto de z el polinomio resultante.

4º) Para que la ecuación del paso 2º sea, efectivamente, una generatriz, la intersección de la recta y de la superficie se debe producir en un punto (y en un sólo), es decir, el sistema formado por sus ecuaciones debe tener una solución real (y una sólo).

Esta condición equivale a obligar a que el discriminante de la ecuación del paso 3º sea nulo. Se obtendrá así una ecuación del tipo $f(\alpha, \beta) = 0$.

5º) En la ecuación del paso 4º, sustituir α por x y β por y , para obtener la ecuación $f(x, y) = 0$, que es la ecuación buscada de la sombra de la superficie $F(x, y) = 0$ sobre el plano horizontal $z = 0$.

EJEMPLO 2.- Cálculo de la sombra del cilindro de radio r y eje horizontal Norte-Sur de la figura 2.



Seguiremos, paso a paso, el método segundo.

1º) Superficie:

$$(x - h_1)^2 + (z - h_2)^2 - r^2 = 0$$

2º) Generatriz:

$$x = \frac{S_x}{S_z} z + \alpha$$

$$y = \frac{S_y}{S_z} z + \beta$$

3º) Eliminación de x, y :

$$(S_x^2 + S_z^2)z^2 + 2S_x[S_x(\alpha - h_1) - S_z h_2]z + S_z^2[(\alpha - h_1)^2 + h_2^2 - r^2] = 0$$

4º) Discriminante = 0 :

$$4S_z^2[S_x(\alpha - h_1) - S_z h_2]^2 - 4(S_x^2 + S_z^2)S_z^2[(\alpha - h_1)^2 + h_2^2 - r^2] = 0$$

Simplificando:

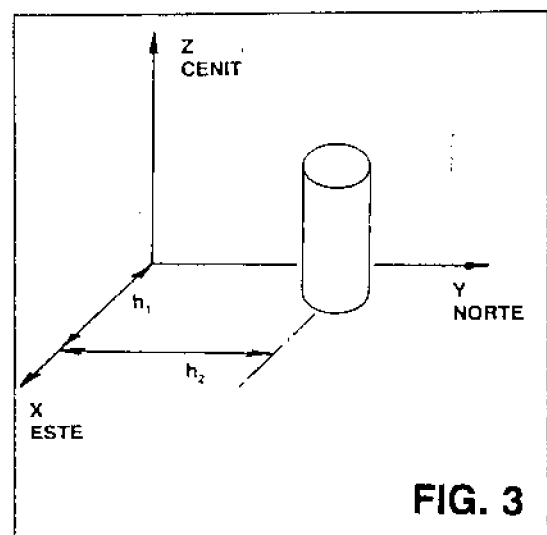
$$[S_x(\alpha - h_1) + S_z h_2]^2 = r^2(S_x^2 + S_z^2)$$

5º) Sustituimos α por x :

$$x = h_1 - \frac{S_x}{S_z} h_2 \pm r S_x \sqrt{\frac{1}{S_x^2} + \frac{1}{S_z^2}}$$

Se trata de una pareja de rectas paralelas al eje Y.

EJEMPLO 3.- Cálculo de la sombra del cilindro vertical de radio r de la figura 3.



1º) Ecuación de la superficie:

$$(x - h_1)^2 + (y - h_2)^2 - r^2 = 0$$

2º) Generatriz:

$$x = \frac{S_x}{S_z} z + \alpha$$

$$y = \frac{S_y}{S_z} z + \beta$$

3º) Eliminación de x, y :

$$(S_x^2 + S_y^2)z^2 + 2S_z[S_x(\alpha - h_1) + S_y(\beta - h_2)]z + S_z^2[(\alpha - h_1)^2 + (\beta - h_2)^2 - r^2] = 0$$

4º) Discriminante = 0:

$$4S_z^2[S_x(\alpha - h_1) + S_y(\beta - h_2)]^2 - 4(S_x^2 + S_y^2)S_z^2[(\alpha - h_1)^2 + (\beta - h_2)^2 - r^2] = 0$$

5º) Simplificamos y cambiamos α por x y β por y :

$$[S_y(x - h_1) - S_x(y - h_2)]^2 = r^2(S_x^2 + S_y^2)$$

es decir:

$$S_y(x - h_1) - S_x(y - h_2) = \pm r \sqrt{S_x^2 + S_y^2}$$

que es la ecuación buscada de la sombra.

MÉTODO GENERAL DE CÁLCULO DE UN RELOJ HORIZONTAL "BISUPERFICIAL".

1º) Obtener las ecuaciones de ambas superficies:

$$\begin{aligned} F_A(x, y) &= 0 \\ F_B(x, y) &= 0 \end{aligned}$$

2º) Obtener las ecuaciones de las sombras de ambas superficies, por cualquiera de los métodos expuestos:

$$\begin{aligned} F_{\text{SOMBRA A}}(x, y) &= 0 \\ F_{\text{SOMBRA B}}(x, y) &= 0 \end{aligned}$$

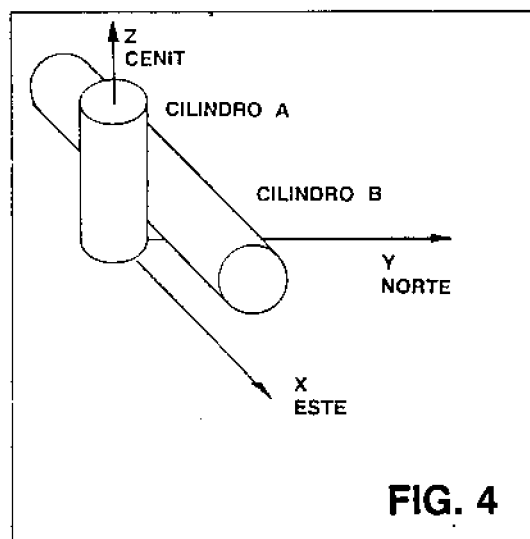
3º) Obtener la intersección entre ambas sombras, es decir, resolver el sistema formado por sus ecuaciones. La solución:

$$\begin{aligned} x &= x(S_x, S_y, S_z) \\ y &= y(S_x, S_y, S_z) \end{aligned}$$

son las ecuaciones buscadas del reloj, en función de S_x, S_y, S_z que, a su vez, son función de δ, ϕ, t . En un artículo sobre relojes bifilares publicado en el núm 16 de ANALEMA facilitábamos algunas indicaciones sobre el procedimiento práctico de obtener el diseño gráfico de un reloj a partir de sus ecuaciones: A él nos remitimos.

Es importante notar que, como las sombras de dos superficies se cortan en varios puntos, las ecuaciones paramétricas anteriores tendrán, generalmente, términos con doble signo (procedentes, usualmente, de operaciones de radicación). Así pues, el diseñador debe elegir cuál de los puntos de intersección será usado como indicador del reloj, y seleccionar en consecuencia los signos cuando haya términos con doble signo.

EJEMPLO DE APLICACIÓN.- Se trata del reloj de la figura 4, en el que las superficies que arrojan las sombras son dos cilindros tangentes y de un mismo diámetro: Uno (A) de eje vertical, y otro (B) de eje horizontal en la dirección Este-Oeste y apoyado en el plano horizontal $z = 0$.



1º) Ecuación de A:

$$x^2 + y^2 - r^2 = 0$$

Ecuación de B:

$$(y - 2r)^2 + (z - r)^2 - r^2 = 0$$

3º) Ecuación de la sombra de A: Se trata de un caso particular del estudiado en el ejemplo 3, en el que $h_1 = h_2 = 0$. La ecuación es:

$$S_y x - S_x y = \pm r \sqrt{S_x^2 + S_y^2}$$

Ecuación de la sombra de B: Es el mismo caso que el ejemplo 1 anterior para $h_1 = h_2 = r$. La ecuación es:

$$y = +r - r \frac{S_y}{S_x} \pm r S_y \sqrt{\frac{1}{S_y^2} + \frac{1}{S_x^2}}$$

3º) Intersección de ambas sombras:

$$x = +r \frac{S_x}{S_y} - r \frac{S_x}{S_x} \pm r S_x \sqrt{\frac{1}{S_y^2} + \frac{1}{S_x^2}}$$

$$y = +r - r \frac{S_y}{S_x} \pm r S_y \sqrt{\frac{1}{S_y^2} + \frac{1}{S_x^2}}$$

De las varias intersecciones de ambas sombras (fig. 5), elegimos siempre -por ejemplo- la indicada por (1), es decir, la más occidental en el caso de las horas matutinas, y la más oriental en el caso de las horas vespertinas.

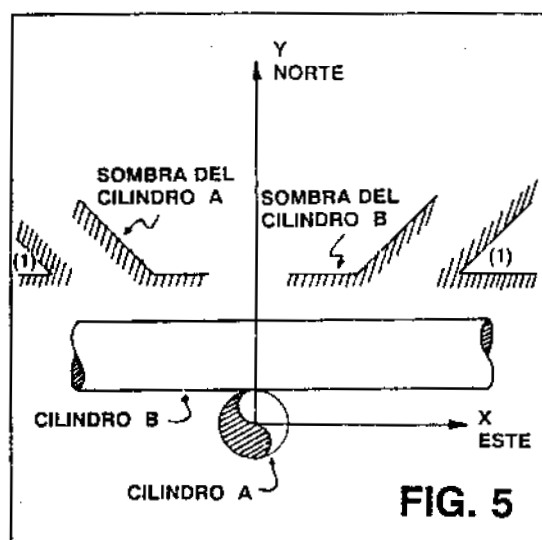
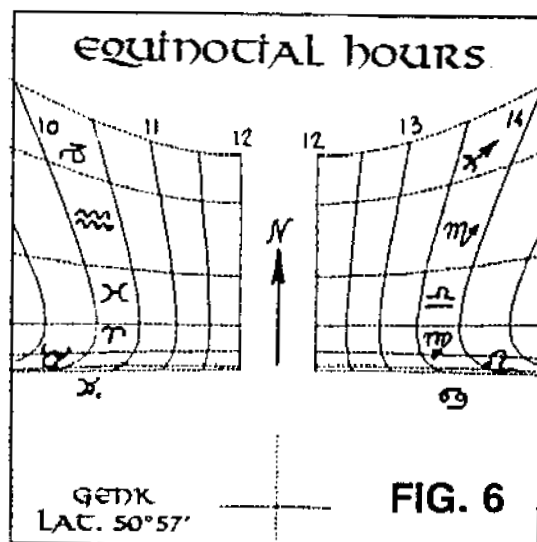
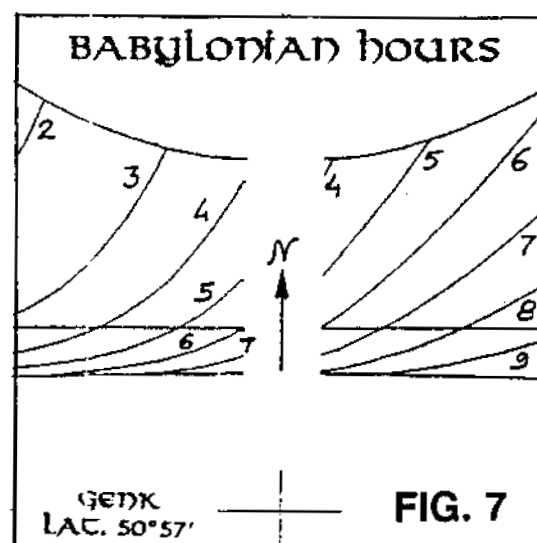


FIG. 5

En la fig. 6 se muestra el aspecto de un reloj para horas equinocciales iguales, del tipo anteriormente estudiado, calculado para la latitud de $50^\circ 57'$



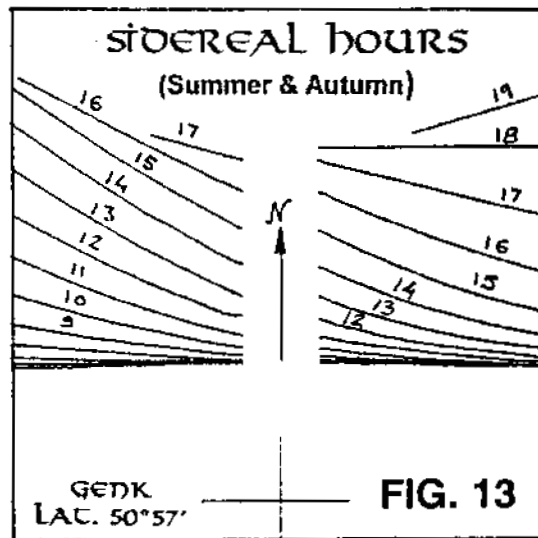
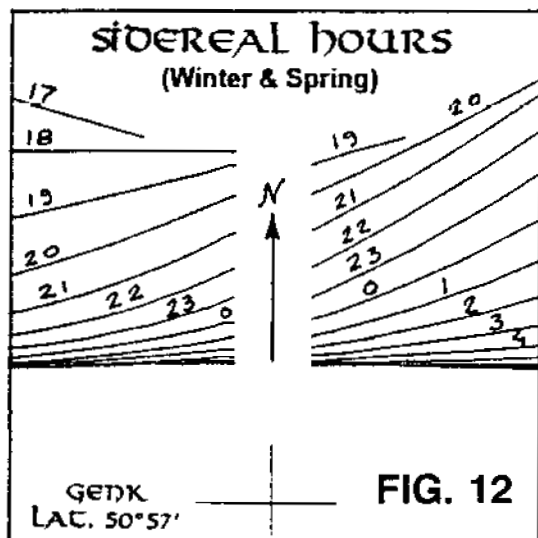
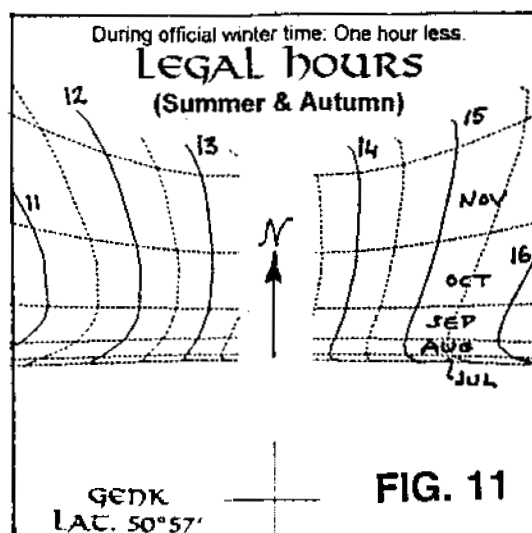
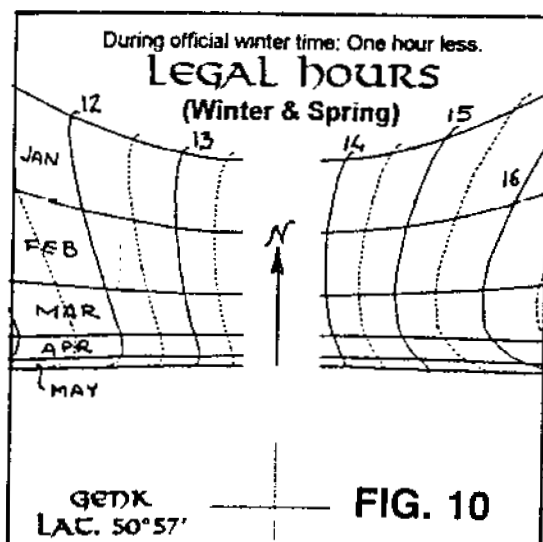
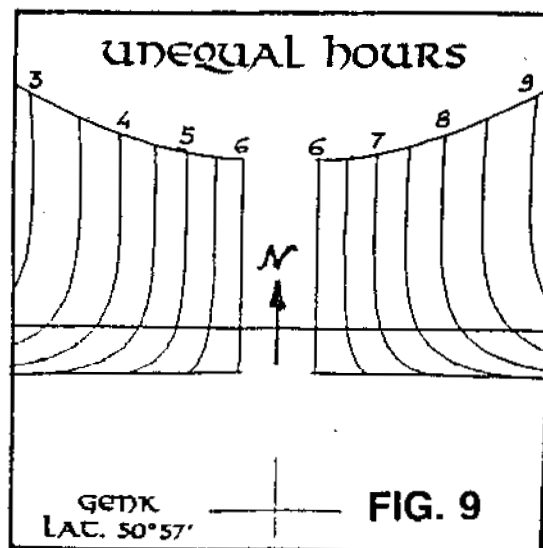
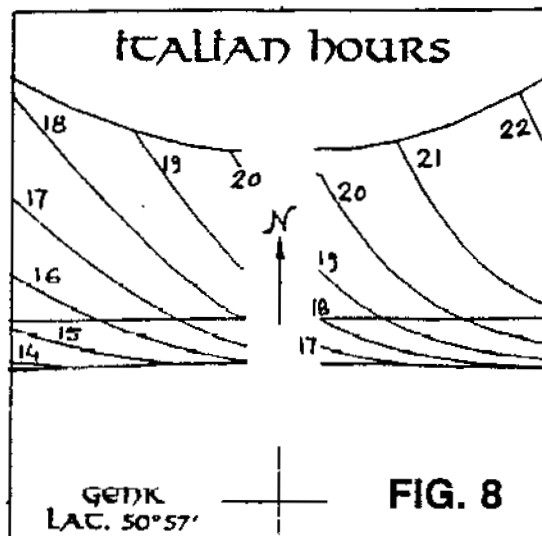
La figura 7 reproduce el mismo reloj para horas babilónicas, (horas iguales contadas a partir de la salida del sol)



Las figuras 8 a 13 de la página siguiente corresponden respectivamente a las horas itálicas, (horas iguales contadas a partir de la puesta del Sol), temporarias o desiguales, (dividiendo el período comprendido entre la salida y la puesta del Sol en doce horas), oficiales (para invierno - primavera y para verano - otoño) y sidéreas.

Como es natural el aspecto de estas líneas horarias es muy diferente de las usuales líneas rectas de los relojes convencionales.

Este criterio es equivalente a elegir siempre el ángulo agudo formado por los bordes rectos de ambas sombras. A partir de este criterio es fácil deducir que los dobles signos de algunos términos de las ecuaciones anteriores se reducen al +.



NOTA DE LA REDACCIÓN: En el "Analema 16" se publicó un interesante artículo del mismo autor con una generalización de los relojes bifilares de Michnik. En el presente artículo J. Moreno amplía esta primera generalización, estudiando las sombras arrojadas por dos cilindros dispuesto horizontal y verticalmente. Halla la intersección de estas sombras al variar la posición del Sol, lo que le permite trazar las diversas líneas horarias. Como en el caso anterior, creemos que es la primera vez que se publica la descripción y el cálculo de un reloj solar de tan original diseño y características. □

En el anterior Boletín 17 se publicó un interesante artículo de M. Losot con el incongruente título "El método de la costurera para trazar relojes declinantes". Hemos recibido algunas peticiones de aclaración, y también de rectificación, de los dibujos y fórmulas y que en él figuran sin demostración. Estas peticiones han sido trasladadas al autor, que nos replica como se indica en el artículo siguiente.

MÁS SOBRE EL "MÉTODO DE LA COSTURERA"

M. LOSOT

En ANALEMA 17 se publicó un artículo sobre un método, que era denominado *Método de la Costurera*. Este sistema permite trazar relojes verticales declinantes sin efectuar ningún cálculo, con precisión más que suficiente y en pocos minutos. Se basa en la utilización de una cinta métrica, como las que usan los sastres y costureras -de ahí su nombre- graduada en su dorso con una escala de los valores naturales del seno y de la tangente.

Para su "invención" se utilizó uno de los dibujos expuesto por M. Lombardero en su artículo *Aplicación de la Afinidad al trazado de Rectas Horarias* (ver Analema 7) en el cual aparecía una figura que permite relacionar, por medio de dos expresiones trigonométricas muy sencillas, la posición respectiva de las líneas horarias de las VI, III, y XII horas que, como es sabido, definen completamente el trazado de las restantes líneas. El "Método de la Costurera" consiste esencialmente en adaptar estas expresiones, separando sus variables d (declinación) y φ (latitud), para que sus valores puedan ser llevados directamente al trazado mediante una regla graduada.

Dicha figura quedó sin justificar en mi anterior artículo, con la indicación de no se aclaraba su justificación "para entretenimiento de los lectores", aunque parece ser que en modo alguno les ha servido de entretenimiento, mas bien lo contrario, ya que han pedido explicaciones sobre la misma. Esta justificación se puede hacer de varias formas; escogeré la más intuitiva que se basa en el trazado simultáneo del reloj declinante y del horizontal.

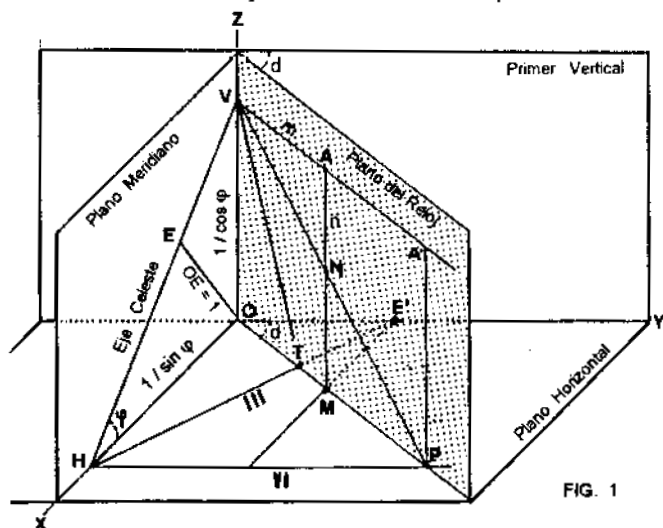


FIG. 1

En la figura adjunta (Fig.1) se ha dibujado el triedro formado por los semiplanos: Horizontal, Primer Vertical y Plano Meridiano. Sus intersecciones forman los ejes de un sistema de coordenadas en el cual el eje OX indica la dirección N-S, el OY la dirección W-E y el OZ la vertical.

Se ha dibujado también el plano del Reloj, cuya traza horizontal es OP, que forma un ángulo $\angle YOP = d$ (declinación del muro). El sentido positivo es $Y \rightarrow X \rightarrow Z \rightarrow Y$.

HV representa el Eje celeste, que forma un ángulo φ con el plano horizontal. OE es la traza del plano ecuatorial sobre el plano meridiano. Se ha tomado como unidad $OE = 1$ por lo que $OH = 1 / \sin \varphi$ y $OV = 1 / \cos \varphi$.

En el plano horizontal se han trazado las líneas horarias de la VI y las III que corresponderían a un reloj horizontal en el que su gnomon fuese HV. ($OE' = OE = 1$)

Estas líneas cortan a la traza del plano declinante en los puntos T y P que determinan las correspondientes líneas horarias VT (III) y VP (VI) en el plano vertical declinante. Si abatimos el plano del reloj sobre el horizontal, utilizando como charnela su traza OP obtenemos la Fig. 2 (Se ha girado el ángulo d para que OP quede horizontal).

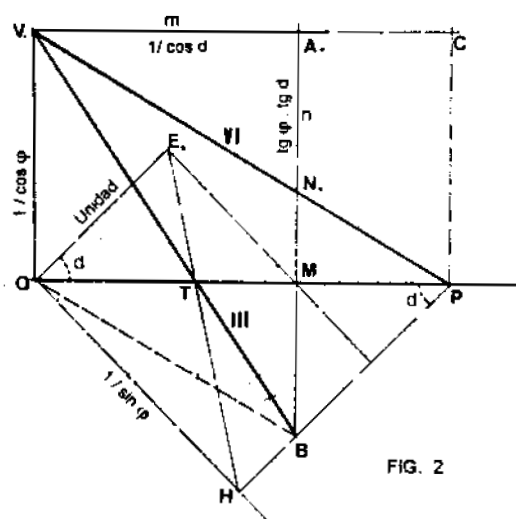


FIG. 2

De esta figura 2 puede deducirse con facilidad:

- del triángulo $\triangle OEM$
 $OE = 1$
 $OM = VA_0 = 1 / \cos \varphi$
- del triángulo $\triangle OHP$
 $OH = 1 / \sin \varphi$
 $OP = 1 / (\sin d \cdot \sin \varphi)$
- de los triángulos $\triangle V_0A_0C$ y $\triangle V_0CP$
 $n/m = CP/VC = OV/OP$
 $n = \tan d \cdot \tan \varphi$

Quedan así determinados los segmentos m y n que nos permiten trazar la línea de las VI horas.

El valor de n ha de tomarse con su signo, consecuencia del signo de $(\sin d)$. Si d fuese negativo, n se tomaría por encima de VC , como se indica más adelante.

SOBRE UN RELOJ DEL MUSEO DE CHAMPAGNOLE

D'OSSOGNO

La figura que se reproduce a continuación (fig. 1) aparece en el libro *L'Heure au Soleil* de F. Suagher, P. Perroud y J.P. Marchand, donde se indica que el reloj se encuentra en el Museo de Champagnole.

Probablemente es un trozo de un reloj solar romano, encontrado en las excavaciones del siglo II encontrado en las excavaciones de Mont Rivel.

Mont Rivel fue un habitat Galo-Romano, muy próximo a Champagnole. Su latitud es de $46,7^\circ$ N.

El fragmento parece contener trazas de dos líneas horarias. Si es así, se pregunta:

¿A qué horas corresponden estas líneas,
y para qué latitud fué trazado?

Evidentemente se trata de un problema de reconstrucción de un reloj, partiendo de los únicos datos que figuran en el pequeño fragmento: los ángulos que forman entre sí las líneas horarias que son de $14,4^\circ$ y $12,8^\circ$ (con cierto margen de error, ya que han sido deducidos de una fotografía.)

El problema se complica si se quiere resolver matemáticamente, dada la complejidad de las líneas horarias temporarias. Mas, procediendo a la inversa, se pueden trazar varios cuadrantes para latitudes semejantes a la propuesta y comparar gráficamente estos ángulos, lo que es sencillo por la facilidad de trazado que permite el ordenador.

En el cuadro adjunto se indican los ángulos que forman con la vertical las líneas horarias (horas II y III) de un reloj vertical, XII para latitudes comprendidas entre 38 y 50°

El ángulo entre las líneas I u II podrían corresponder a una latitud de 38° y el de las II y III a una latitud de 50° . El promedio se acerca a $48,7^\circ$.

RELOJ VERTICAL DE HORAS TEMPORARIAS
ángulo con la vertical ($^\circ$)

LATITUD	HORA III		HORA II		HORA I		LATITUD
		DIFERENCIA		DIFERENCIA			
38	48,60	15,00	63,60	13,90	77,50		38
40	49,10	15,00	64,10	13,70	77,80		40
41	49,40	14,90	64,30	13,60	77,90		41
42	49,70	14,90	64,60	13,50	78,10		42
43	50,00	14,80	64,80	13,40	78,20		43
44	50,30	14,80	65,10	13,30	78,40		44
45	50,70	14,70	65,40	13,20	78,60		45
46	51,00	14,70	65,70	13,00	78,70		46
48	51,80	14,60	66,40	12,70	79,10		48
50	52,70	14,40	67,10	12,40	79,50		50

No es de extrañar esta ligera discrepancia, ya que es sabido que métodos gráficos utilizados en aquellas épocas (p.e. el "Analemma" de Vitruvio") no permiten determinar con suficiente exactitud las líneas de las primeras horas.

Fig. 1
Ángulos de las líneas horarias

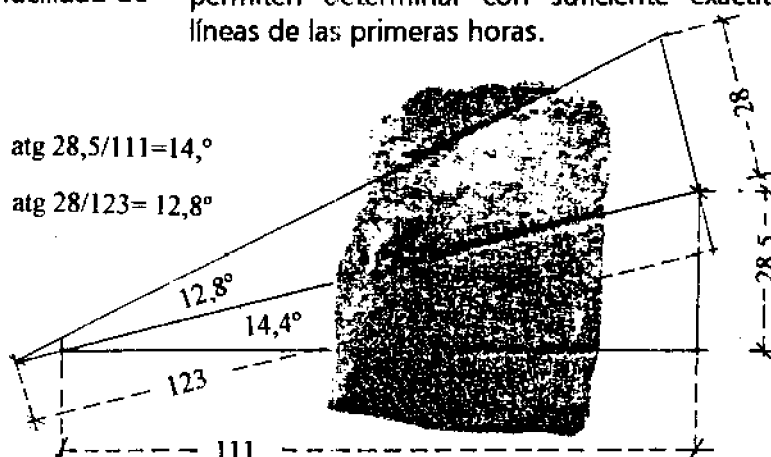
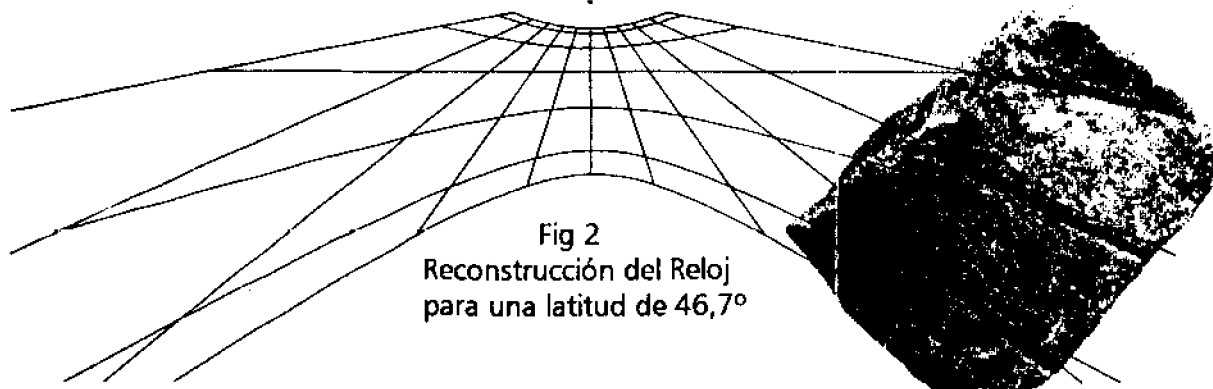


Fig 2
Reconstrucción del Reloj
para una latitud de $46,7^\circ$



M.M Valdés comenta en este artículo las características de un reloj descubierto y restaurado por R.Soler Gayá y que podría ser una aparición tardía de los "Relojes de Misa", o una transición de los mismos hacia formas más elaboradas. En todo caso es un interesante reloj M.L.

EL RELOJ DEL ORATORIO DE N^{ra} S^a DE LA CONSOLACIÓN EN PALMA DE MALLORCA

M. M. VALDÉS

Rafael Soler Gayá¹ ha encontrado, restaurado y publicado un reloj aparentemente primitivo o canónico, en la portada románica del Oratorio de N^{ra} S^a de la Consolación. Por su interés quiero transcribir los datos de este reloj, así como mi opinión sobre la posible interpretación de sus líneas horarias.

- IGLESIA : Oratorio de la Consolación.
- SITUACIÓN San Juan (Mallorca)
- POSICIÓN: En la parte superior de la portada, en un lugar no accesible. La situación respecto a las dovelas del arco, sugieren que la talla del reloj de sol se realizó una vez terminada la portada
- ORIENTACIÓN: 25.3° Este

- FECHA: Con toda seguridad es posterior a 1.229 (Conquista Cristiana) y probablemente anterior al siglo XV. Es posible que la portada, de estilo románico sencillo haya sido trasladada desde un emplazamiento anterior (orientación Sur) al actual.

- HISTORIA En 1249 Ramón de Berga hace un legado de 10 sueldos para la construcción de la obra de la iglesia de San Juan de Sineu. En 1248 el Papa Inocencio IV cita, entre las parroquias de Mallorca a la de Santa María de Sineu pero no a la de San Juan. El tercer Obispo de Mallorca erigió en parroquia la iglesia de San Juan por decreto de 4 de octubre de 1.298². Podemos deducir que la construcción de esta iglesia, antecesora del actual edificio se llevó a cabo en la última mitad del siglo XIII.

- DISPOSICIÓN GENERAL: El reloj es sensiblemente simétrico (parece que sólo las dos líneas inmediatas a la meridiana tienen ángulos que se apartan ligeramente de la simetría), y se hallaba bastante bien conservado incluso antes de la restauración.

- LÍNEAS HORARIAS: Las líneas horarias son atípicas. Por un lado dividen el día en ocho partes (horario octaval muy frecuente en el norte de Europa), pero por otro no muestran una división con ángulos iguales. Aparentemente el diseñador o el tallista intentaron una división semejante a las de los relojes de horas equinocciales.

Por tanto es un reloj muy interesante:

por la época tardía
por la irregularidad de los ángulos dentro de una división octaval.

Podría ser uno de los últimos relojes de misa, anunciando ya una transición hacia los ángulos de los relojes de horas equinocciales en una época muy temprana, cuando en Europa aún no se habían popularizado este tipo de relojes. Si esta hipótesis fuese correcta y los ángulos no se debiesen a incorrección en el grabado, el reloj sería una pieza muy interesante en la evolución de la gnomónica.

Las iglesias románicas suelen estar correctamente orientadas con su eje principal en la dirección E-W, y la portada principal se abre en la fachada Sur. La actual declinación puede ser consecuencia de sucesivas reconstrucciones.

Naturalmente es insólita la existencia de un reloj de sol que, en el siglo XIII, tenga un remedo de ángulos desiguales, en una configuración típica de un reloj de misa. Si algún lector conociese relojes semejantes, le rogamos que nos lo comunique. □

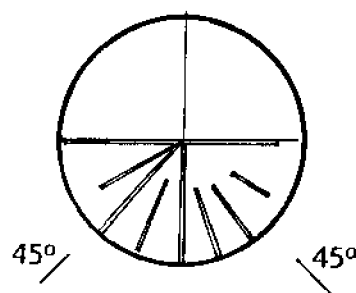


Fig. 1 Croquis del reloj

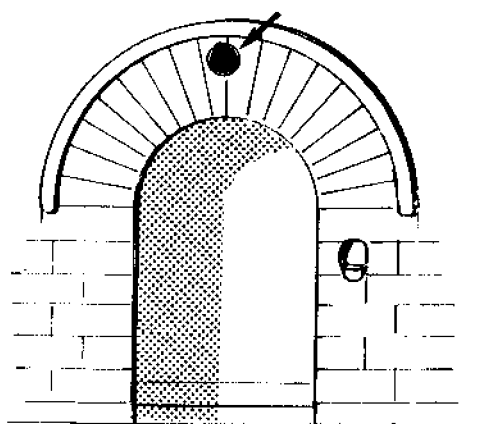


Fig. 2 Situación

1. Gnomonista de Palma de Mallorca, autor de un libro sobre Relojes de Sol y diseñador y constructor de numerosos relojes.

2. El santuario de Nuestra Señora de Consolación por Gaspar Munar Oliver M. SS. CC. Palma de Mallorca 1.966

En este artículo se plantea una interesante, aunque cuestionable hipótesis, referente al significado del término "nicho", y su trascendencia simbólica como representación de la bóveda celeste y, consecuentemente, del Cielo. Asimismo se interroga el autor sobre la etimología de "venero" y su posible significado de "concha de peregrino" y también de líneas o rayas que marcan las horas solares. Esperamos los comentarios de nuestros lectores. M.L.

NICHO, VENERO, O RELOJ DE SOL

M. MILENIO

En este breve artículo se plantean dos preguntas que someto a la consideración de los estudiosos de estos temas. La primera se refiere a la posible simbología del nicho,¹ que corona y donde se alojan tantas de las imágenes de nuestras iglesias.

¿Podría representar esta hornacina la imagen del Cielo inspirándose a su vez en la representación de la Bóveda Celeste contenida en los antiguos relojes de sol de tipo "scaphe"?

Uno de los relojes de sol más antiguos es, según la opinión de muchos gnomonistas, el "scaphe". En su origen era una semiesfera hueca, proyección simétrica de la bóveda celeste en la cual el punto de sombra de su centro marcaba la posición a lo largo del día. Posteriormente se redujo a la parte de esfera que realmente recorre esta sombra (Figura 1).

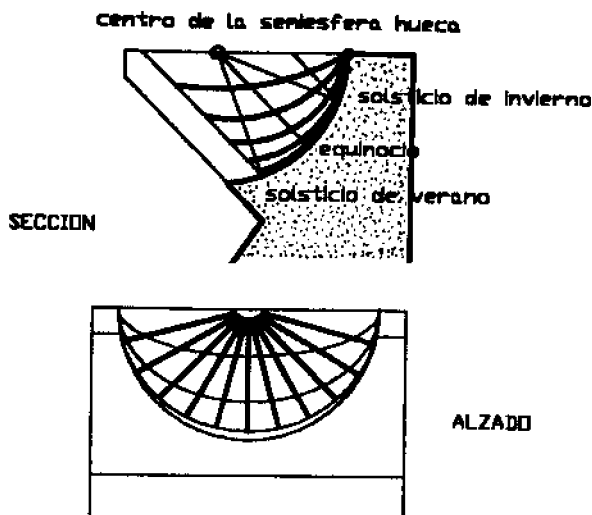


fig.- 1 SCAPHE

En la figura 2 podemos ver, en posición invertida, un "scaphe" conservado en el Museo Nacional de Roma. Hacemos notar su concavidad, y las líneas horarias que recuerdan a la semiesfera superior de algunas hornacinas

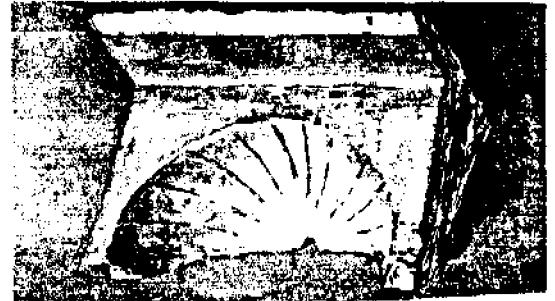


fig.- 2 Museo Nacional de Roma

En la siguiente figura 3 se muestran unos relieves asirios de Nimrud. El clásico motivo decorativo que corona la estela puede ser interpretado como la estilización de una flor. Mas también como una venera o concha.

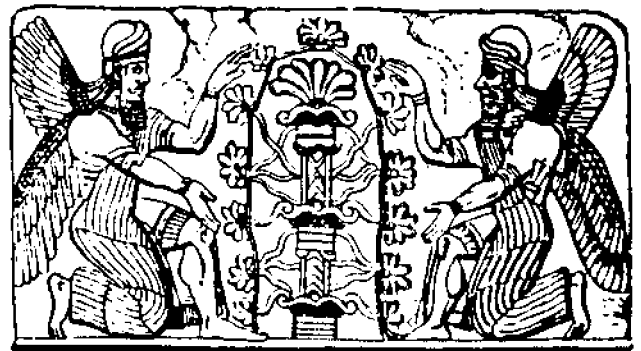


fig.- 3 relieves ASIRIOS (Nimrud)

La figura 4 representa un curioso motivo decorativo hallado en la sinagoga de Duro-Europos, que data del siglo III.

La figura oferente está coronada por un gran penacho o aura ¿quizás una venera? Veremos más adelante como el aura sacra, representada actualmente por anillo dorado se traduce también como una concha.



fig.- 4

Sinagoga de DURA-EUPOPOS
Museo Nacional
principio del III

¹ Según el diccionario de María Moliner

nicho.

(Del fr. «niche», y éste del ital. «nicchia», de «nicchio», concha)
«Hornacina». Concavidad hecha en el espesor de un muro, donde, generalmente, se coloca una imagen, una figura de adorno, un jarrón, etc. (V.: «Celdilla, encasamiento, encasamiento —ant.—, hornilla, mihrab, toco, nicho».)

venera.

(Del latín «veneria». Nombre dado a algunas conchas por ser representada Venus saliendo del mar en una de ellas.)

«Concha de peregrino». Concha de cierto molusco muy común en las costas de Galicia, que se ponían cosidas a la ropa los «peregrinos» que volvían de Santiago.

La iconografía católica que recoge esta simbología es muy amplia. En ella se pueden encontrar símbolos auténticamente cristianos juntamente con otros tomados o adaptados de antiguas culturas y creencias muy anteriores a Cristo.



fig.- 5 el Poeta y su Musa
Monza. Tesoro de la Catedral
marfil del VI

En la adjunta figura 5 se reproducen dos marfiles del siglo V conservados en el Tesoro de la Colegiata de Módena. Representan a El Poeta y su Musa, ambos coronados por la venera, que en este caso debe simbolizar la inspiración. Por cierto que la Musa está tañendo una lira, lo que no parece ser del agrado del calvo Poeta a juzgar por su fruncido ceño.

En la siguiente figura 6 se muestra una estela funeraria de piedra que se halla en el Museo Copto de Egipto. De nuevo la venera aparece dos veces. Una de ellas coronando una puerta, que debe ser la del Paraíso Terrenal, juzgando por el Árbol del Bien y del Mal (o el Árbol de la Vida), que figura a su izquierda



fig.- 6 estela funeraria de piedra
El Cairo. Museo Copto
siglo VI



fig.- 7 marfil . Cristo y la Virgen
Berlin Staatliche Museum



fig.- 8 marfil. una Emperatriz
Florence. Bargello
Siglo VI

Las dos tabletas de marfil que se presentan en la anterior fig. 7 (El Padre Divino y a la Virgen con el Niño) también están coronadas por la misma venera, como símbolo de la máxima y divina Majestad

La tabla de marfil de la figura 8 representa una Emperatriz con todos los atributos del Poder: Cetro en su mano izquierda, la Esfera del Mundo coronada por la Cruz en su mano derecha, Lábaro, Manto talar, etc. Mas todos estos signos del poder terrenal provienen, y son amplificados, por la gran cúpula en forma de venera que parece representar a los Poderes Celestiales y que protege y cobija a la majestuosa, y bella, (suponemos) figura humana alojada en el nicho.

En nuestra Península también se encuentran numerosas representaciones con este mismo motivo ornamental y simbólico.

En las siguientes figuras se presentan algunos ejemplos.

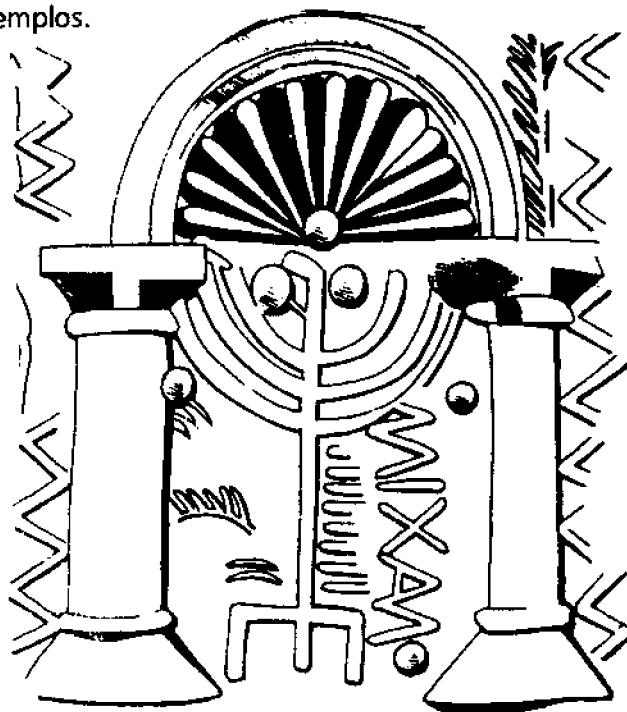


fig.- 12 placa nicho Puerta de Alcántara
Museo de los Concilios (Toledo)

En la primera de las dos reproducciones fotográficas que figuran a continuación puede verse la utilización de la venera con un significado ligeramente diferente, como expresión de santidad, indicando el aura radiante que parte de la cabeza de un Apóstol, después de serle infundido el Espíritu Santo.



fig.- 9 San Pedro de la Nave
nicho placa de la cabecera
siglo VII

En la segunda fotografía, además de algunos símbolos solares, se observa la ya tan mencionada venera coronando esta vez un arco de acceso, no un nicho como es usual. Ambas corresponden a la emblemática iglesia de San Pedro de la Nave, donde también está grabado en un muro parte de un "Horologium", tabla para hallar la hora solar mediante la longitud de la sombra del observador, medida con su propio pie.



fig.-10 San Pedro de la Nave
Apóstol y friso de los siete rostros
siglo VII

Finalmente se inserta la figura 11, que representa una vez más, un nicho coronado por una venera y adornado con motivos decorativos geométricos, el conjunto con un trazado algo tosco y rudimentario.



fig.- 11 placa nicho. Talamanca
Museo Arqueológico de Toledo

En la numerosa -quizás excesiva- información gráfica anteriormente expuesta hemos visto que los significados simbólicos de la Venera o concha proviene probablemente de su de sus ranuras y concavidad que refleja la bóveda celeste visible y transponen la materialidad de este concepto a la idea asociada de la divinidad.

Como especulación discutible se presenta la hipótesis de que esta transposición está relacionada con los primitivos relojes solares, scaphes, que estaban formado por una semiesfera excavada en un bloque de piedra y que reflejaban en esta forma esférica la bóveda celeste, y por asociación, el Cielo, morada de los Entes Divinos

Mas aún: Los llamados "Relojes Canónicos", o "de Misa", consisten sencillamente en un semicírculo con rayos que parten del centro, a modo de venera invertida.

Es sabido que a estas figuras medievales, además de su utilización para determinar las horas canónicas, se les atribuía a veces poderes extraordinarios, lo que explica que en algunos lugares aparezcan numerosos grabados casi superpuestos.

¿ Podría ser esta la explicación de la palabra "venero", que en su segunda acepción significa precisamente, según ya se ha indicado: "*Línea o raya horaria en los relojes de sol*" ?

RESEÑAS DE PUBLICACIONES

Título:	RELOJES DE SOL EN CANTABRIA (VOLUMEN SEGUNDO)
Autores:	Miguel Angel García Guinea Elena de Diego Anbuhl
Signatura:	ISBN. 84 600 8944-4
Tamaño:	24 x 24 cms.
Páginas:	455
Edición:	Colegio de Arquitectos Técnicos de Cantabria. © 1ª Ed - 1996
Imprime:	Gráficas Calima S.A
Prólogo:	Presentación de M.A. de Berrazueta
Idioma:	Español
Precio:	5.200 PTA.

El libro cuya ficha figura anteriormente es el segundo volumen del que, con el mismo título y por los mismos autores, (Tomo I) fue publicado en el año 1994 y reseñado en *Analema* 12, pag. 15.

En aquella reseña se indicaba la gran satisfacción que nos producía la aparición de un libro cuyo tema es el estudio y recopilación de los relojes de sol, parcela muy descuidada por nuestros investigadores de Historia de la Ciencia.

Esta satisfacción se ve doblemente acrecentada por la publicación de este segundo volumen, cuyo contenido y presentación superan la aparentemente insuperable calidad del primer tomo.

Comienza la primera parte con una *Introducción* que resume el contenido de ambos volúmenes. En ella se comentan las circunstancias sociales, culturales y económicas que han condicionado en el pasado la situación geográfica y la estratificación en el tiempo del considerable número de relojes solares hallados, cerca de 490 ejemplares.

En el capítulo 2 establece la cronología de 130 relojes fechados, 27 % del total, cifra elevada comparándola con la media de los relojes que contienen este dato en el resto de nuestro País (no sobrepasa el 19 %)

En el capítulo 3 se clasifican alternativamente los relojes estudiados atendiendo a su situación o emplazamiento, características, forma y diseño.

Los interesantes, aunque breves, capítulos 4 y 5 contienen un somero estudio paleográfico de los numerales e inscripciones que aparecen en los relojes, y que pueden contribuir a su datación o identificación.

Finaliza esta primera parte ampliando la descripción de las formas arquitectónicas de frontones, basas y soportes no detallados en el primer tomo y exponiendo algunas de las leyendas halladas en los cuadrantes.

Comienza la segunda parte con una Adenda en la que se añaden 43 nuevos relojes a los que figuraban en el primer tomo, que incluía solamente los 42 Municipios Centrales.

A continuación, en el capítulo 2 (que ocupa 73 páginas) se detallan, mediante planos de los Municipios, fotografías, dibujos y apropiados comentarios, la situación y características de estos relojes añadidos

En el capítulo 3 de esta segunda parte (con una extensión de más de 300 páginas) se presentan los relojes localizados en el resto de los 103 Municipios Occidentales, Meridionales y Orientales.

En cada Municipio se inserta un detallado plano en el que aparecen sus límites, vías de comunicación, toponimia y localización de los lugares donde se hallan los relojes que expone en las páginas siguientes, incluyendo también sus características, fotografía, dibujo interpretativo, situación y propietario.

En los planos se especifica mediante símbolos si el reloj se encuentra en una parroquia, ermita, palacio, casona, casa rural, molino, plaza o fuente, claustro o edificio oficial.

Las numerosas fotografías, en color, no solamente son demostrativas, sino que en su mayor parte están dotadas de gran valor estético.

Los minuciosos dibujos que acompañan permiten interpretar, en la mayoría de los casos y desde un punto de vista gnomónico, las descripciones que se detallan en los comentarios que acompañan y definen cada reloj reseñado.

Un extenso Índice Toponímico que, como es natural, incluye las referencias de ambos volúmenes, permite la rápida localización de cualquiera de sus 316 localidades incluidas, clasificadas por orden alfabético

Finalmente, se ha insertado un mapa general de todos los Municipios de Cantabria, donde aparecen en forma gráfica los ejemplares encontrados en cada municipio. Este plano nos permite darnos cuenta de la densidad de hallazgos en cada región confirmando la tesis expuesta en la Introducción.

COMO RESUMEN: Podemos afirmar que el libro reseñado constituye una brillante excepción al pesimista "*nunca segundas partes fueron buenas...*" Debemos felicitar muy efusivamente, y así lo hacemos, a sus autores y patrocinadores por su excelente contenido y presentación. Es una importante aportación a la aún escasa bibliografía gnomónica, que contribuirá indudablemente a llamar la atención sobre nuestro dilapidado patrimonio cultural y artístico representado en este caso por los olvidados relojes solares. ML□

NOTAS Y COMENTARIOS

1. SIMPOSIO SOBRE HISTORIA DE LA GNOMÓNICA

En Lieja (Liege, Belgique) se celebrará el XX Congreso Internacional de Historia de la Ciencia el 26 de Julio de 1997.

Se tratarán los múltiples aspectos de la Gnomónica, histórica, instrumental y teórica. Con ocasión de este Congreso se efectuará una puesta al día de toda la bibliografía de investigación gnomónica.

Los gastos de inscripción son de 75500 FB.

Las personas que deseen presentar alguna comunicación deberán enviar un resumen de la misma, para su examen por el Comité de programación, dirigida a la atención del responsable del Symposium:

Dr. Jean Michel Faidit. Université de Montpellier
Planetarium. Jardin des Plantes
B.P. 1088. 34007 Montpellier

2. EL CONCURSO INTERNACIONAL DE GENK

En *Analema 16* se publicó el anuncio de un Concurso Internacional para la construcción de doce relojes solares monumentales en el parque denominado Molenvijverpark de Genk, Bélgica.

Tenemos la satisfacción de comunicar que en dicho concurso han sido seleccionados dos diseños de relojes presentados por R. Soler Gayá y J. Moreno Bores. Sus nombres son muy conocidos por nuestros lectores, ya que son habituales colaboradores de nuestro Boletín.

El mérito y novedad de sus diseños queda realzado por el hecho de que han sido elegidos entre más de ochenta propuestas procedentes de Alemania, Bélgica, España, Francia, Israel, e Italia.

El reloj presentado por R. Soler es de tipo bifilar, con uno de los hilos o directriz en forma de catenaria y el otro inclinado. Se proyectó para ser construido de hormigón, pero ha sido substituido por una estructura metálica.

El diseño de J. Moreno está constituido por un cono, de un diámetro cercano a los dos metros, que se apoya en el suelo por una generatriz paralela a la meridiana. La sombra proyectada por las otras generatrices indica las horas solares y

Felicitemos a ambos concursantes por su triunfo, que indica el alto nivel alcanzada en España por las artes de la Gnomónica, y por los gnomonistas.

3. CATÁLOGO DE SELLOS CON RELOJES DE SOL

A. Majó Díaz, organizador de la primera exposición de Gnomónica celebrada en Gualba (ver *Analema 16*) ha publicado un interesante catálogo de Sellos de Correos con el tema de Relojes de Sol e instrumentos astronómicos afines.

Se trata de un folleto de 10 páginas, tamaño A5 en el que figuran clasificados 188 ejemplares emitidos hasta la fecha, indicando la numeración del Catálogo Yvert. Se relacionan 63 sellos de *Relojes de Sol*, 23 de *Cuadrantes*, 62 de *Astrolabios*, 5 de *Nocturlabios*, 25 referentes a la *Gran Mezquita* de Jerusalén, y 10 denominados *Curiosidades*.

Presenta 48 reproducciones, de estos ejemplares, en color y a un tamaño ligeramente reducido,

Es la primera vez que se presenta a la atención de los gnomonistas un catálogo de sellos con este tema.

Agradecemos a A. Majó el envío de este interesante folleto, y damos seguidamente su dirección por si algún filatélico o gnomonista desea ponerse en contacto:

ANDRÉS MAJÓ. - PELAYO 1. - 08001- BARCELONA.

4. LA ASOCIACIÓN E INTERNET

La Asociación de Amigos de los Relojes de Sol ha incluido una breve reseña de sus actividades en la Red Internet. En la página:

(<http://www.sundials.co.uk/articles.htm>)

que la *International Sundial Society on the Internet (ISSI)* dedica a las diversas Sociedades Nacionales de Gnomónica. Asimismo ofrece desde Internet los resúmenes en inglés del número en curso de *Analema*.

(<http://www.sundials.co.uk/articles.htm>)

como ya venían haciendo otros Boletines similares: (*The Bulletin of the British Sundial Society, Compendium, Tijdschriften...*) En ambas páginas el cibernauta también encontrará enlaces con otras interesantes rúbricas mantenidas por la ISSI.

5. RELOJES SOLARES EXISTENTES EN LOS EE. UU.

La North American Sundial Society ha publicado recientemente un repertorio de relojes solares titulado *Register of Sundials in North America 1996* en el que se describen unos 300 relojes entre los más significativos de Estados Unidos. Precio del ejemplar \$8ñ

Fred Sawyer, 8 Sachem Drive
Glastonbury. CT06033. USA.

tales horas.

Quedan por definir los radiales correspondientes a las horas desde las 10 de la mañana hasta las 3 de la tarde pues sus cotangentes son muy grandes y se saldrían del plano.

Para eludir este inconveniente, se trazará la vertical GN, que medirá exactamente la unidad.

$$GN = 1,000$$

Por el punto N, se dibujará una horizontal, y se marcarán en ella las distancias de N iguales a las que figuran en la cuarta columna del cuadro, las cuales se obtienen por la expresión que figura adjunta:

$$NY = \frac{GC}{DC + \cot t} = \frac{0,767}{0,109 + \cot t}$$

También se redondean los valores en la tabla, dibujándose directamente los valores de ella, para marcar los puntos que, unidos al G, definen los radiales correspondientes a las horas centrales del día.

Las cifras anotadas en la citada fig.- 1 son MILÉSIMAS, de la unidad, que como se ha indicado, es la magnitud GN. Puede utilizarse cualquier unidad, destacándose el METRO como la más sencilla. En tal caso, las cotas de la figura serán milímetros..

Se destaca que la primera hora tenida en cuenta en el cuadro, es la de las 7 de la mañana, aún cuando se había indicado que deberían ser las 6. Ello obedece a que, en este caso, su ángulo horario, superior a 90° daría lugar a un radial ascendente a partir de G, que sería inútil, ya que el Sol tendría que estar bajo el horizonte.

También es destacable que los radiales de las 9 y de las 4 de la tarde, se han definido por cotas en vertical y en horizontal, resultando sin embargo una sola recta radial. Es una comprobación de que las elementales cuentas se han realizado sin error.

FUNDAMENTO.— En al fig.- 2 se han representado en perspectiva, el plano vertical P en el que se trazará el reloj solar, y en él los puntos ya citados DCGD' y N.

Se traza un plano horizontal H a la altura del N (la unidad bajo el punto G). En éste plano H la recta intersección con el plano P, será la recta NY y también se ha dibujado la horizontal ESTE-OESTE, que forma un ángulo d (que es un dato) con la NY. También se trazará la recta SN perpendicular a la dirección ESTE-OESTE, y tal que su longitud SN valga precisamente

$$SN = \frac{1,000}{\tan \phi}$$

lo cual implica que el gnomon ha de cortar al plano H en el punto S, por lo que el gnomon será la recta SG.

En un momento dado, la sombra del gnomon

será la quebrada SYG, y el radial en el plano P habrá de ser la recta GY.

Los puntos Y estarán en los radiales del reloj horizontal que se trace en el plano H, partiendo del punto S.

Se traza este reloj horizontal prolongando la recta SN hasta el punto F situado a una distancia de S que valga:

$$SF = \frac{1,000}{\sin \phi}$$

Por la perpendicular FV a la citada SF se marcarán las distancias equivalentes a las tangentes de los ángulos horarios (t), es decir:

$$FV = \tan t$$

Se unen los puntos V así fijados, con el punto S, y se tienen los radiales propios del reloj horizontal.

Estos radiales cortan al plano P, en puntos análogos al Y, de modo que los radiales en el plano vertical serán las rectas que unen con el punto G los diversos puntos Y correspondientes a las diversas horas.

También puede llegarse a la fijación de la recta SXYV mediante otra construcción.

Se traza la recta SA perpendicular a SN (quedará en la dirección ESTE-OESTE) y tal que su magnitud valga lo que el seno del ángulo ϕ .

$$SA = \sin \phi$$

La distancia AX valdrá lo que la cotangente del ángulo horario (t) $AX = \cot t$

En efecto, la tangente del ángulo FSV vale:

$$\frac{\tan t}{SF} = \frac{\tan t}{\frac{1}{\sin \phi}} = \tan t * \sin \phi$$

mientras que el ángulo XSA tiene una tangente que vale:

$$\frac{\cot t}{\sin \phi} = \frac{1}{\tan t * \sin \phi}$$

Luego son complementarios y suman los 90° acotados en la figura.

Hecho esto se trazará la recta SB, paralela a la NY, por lo que:

$$AB = \sin \phi * \tan \delta$$

En la fig.- 2ª se aprecia la semejanza de los triángulos rayados, situados en el plano H, SXB y SNY por lo que:

$$NY = \frac{SB * SN}{BX} = \frac{\sin \phi * \frac{1,000}{\cos \delta} * \tan \phi}{BA + AX} = \frac{\cos \phi}{\sin \phi * \tan \delta + \cot t}$$

cuya fórmula permite situar los puntos Y correspondientes a las distintas horas, que unidos al punto G definen las radiales de tales horas. Esta definición sirve para las horas centrales del día, y se ha utilizado en la cuarta columna de la tabla.

Por otra parte, en el plano P, vertical, se comparan los triángulos semejantes GNY y GCZ que son semejantes, deduciéndose NY, que vale:

$$NY = \frac{GC \cdot GN}{CZ}$$

Igualando ahora ambas expresiones de NY se obtiene que:

$$\frac{SB \cdot SN}{BX} = \frac{GC \cdot GN}{CZ}$$

El objetivo del procedimiento estriba en que las magnitudes BX y CZ son EXACTAMENTE IGUALES, pues BX es un dato para cada hora, y ello nos permitirá situar los puntos Z que unidos al G, definirán los correspondientes radiales.

La citada condición se cumplirá si se igualan los numeradores es decir que

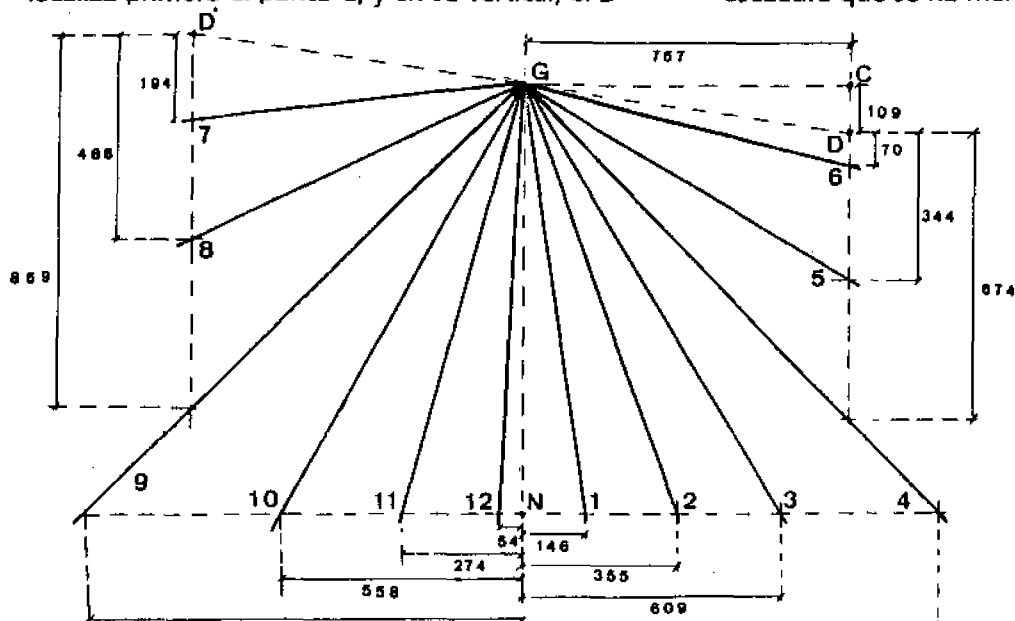
$$SB \cdot SN = GC \cdot GN$$

y se deduce la longitud :

$$GC = \frac{SB \cdot SN}{GN} = \frac{\frac{\sin \varphi}{\cos \delta} \cdot \frac{1}{\tan \varphi}}{1,000} = \frac{\cos \varphi}{\cos \delta} \quad [2]$$

Los puntos Z se situarán en la vertical de C, pero la magnitud CZ se subdividirá en dos: CD que es igual a BA (que vale $\sin \delta \cdot \tan \delta$), y DZ que es igual a AX, que mide la cotangente del ángulo horario (t).

De aquí se deduce la construcción del cuadrante solar, ya que para las horas centrales del día, se utiliza la fórmula [1] y para las de la mañana y la tarde, se localiza primero el punto C, y en su vertical, el D



Se toman los valores de las cotangentes de los ángulos horarios (T) que figuran en la tercera columna del cuadro, a partir del citado punto D. Con ello quedan localizados los diversos puntos Z, que se habrán de unir con el G.

Para las horas matutinas, habría que tomar las distancias citadas hacia arriba, saliéndose del dibujo o del plano del reloj. Resulta preferible situar el punto D', simétrico del de D, respecto al punto G y tomar tales medidas hacia abajo.

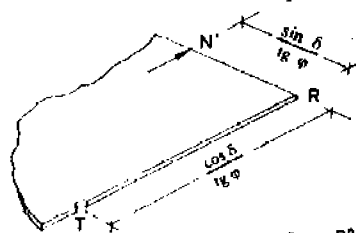


Fig. 3°

Respecto al gnomon, sin duda lo más sencillo será auxiliarse de una superficie plana (puede ser un cartón) con dos

bordes en escuadra tal como se indica en la figura 3. En uno de sus lados se marcará el punto N que distará del vértice la magnitud

$$N'R = \frac{\sin \delta}{\tan \varphi}$$

En el ejemplo citado $TR = 191$

En el otro borde de la escuadra se hará una muesca semicircular de diámetro ligeramente superior al de la varilla que constituirá el Gnomon. La distancia entre el vértice R de la escuadra y el centro T de la muesca queda definida por la expresión

$$TR = \frac{\cos \delta}{\tan \varphi}$$

En el ejemplo citado $TR = 1.414$

Colocada horizontalmente esta escuadra se harán coincidir los puntos N y N' adosándose al plano del reloj el borde NR' de la escuadra.

El gnomón deberá indertatdr en el plano del reloj en el punto G y drbrtá pasar por la muesca de la escuadra que se ha mencionado (Punto T).

A.A.A. □

NOTA DEL EDITOR:

Por necesidades de compaginación esta Figura 1 se ha insertado al final del artículo. Rogamos a los lectores que disculpen las molestias que pudiera ocasionarle no haber hecho esta advertencia en el texto anterior.

En el anterior Boletín se insertó un artículo de ANTONO DE VICENTE que lleva por título "GNOMÓNICA VECTORIAL", indicando que se proseguiría en los siguientes Boletines. Esta es una segunda parte en la que se sigue desarrollando este peculiar y original sistema de cálculo. En el presente "Analema" se termina el primer Capítulo y se expone totalmente el Capítulo segundo.

GNOMÓNICA VECTORIAL II (CONTINUACIÓN)

Angulo Horario

Tal como se indicó en párrafos anteriores, son cuatro los vectores función del tiempo, hasta ahora presentados; el "Angulo Horario" y la "Declinación Solar", ambas funciones directas, que se estudian a continuación, y el "Rayo Solar" y el "Vector Horario", que lo son a través de los dos anteriores:

- El "Angulo Horario" está generado por el vector $\vec{K}_0 \phi'$ cuyo valor viene dado por

$$(A.1) \quad \phi' = 360/24 \text{ (Grados/Hora)} = \text{Velocidad Angular del Giro Terrestre} = C^{\circ}$$

Al integrar esta ecuación, dicho ángulo, toma la expresión

$$(A.2) \quad \phi = 15t + C$$

donde t es el tiempo referido al punto geográfico H ó al K, según el caso a estudiar.

El cálculo de C , Fig (A-4), se realiza teniendo en cuenta que; -1°) El origen del Angulo Horario, se encuentra, por definición en el eje X_0O : Figs (A-1) y (A-2). (Véase ANALEMA 17)

-2°) Las 12^h del punto geográfico K, coinciden con el ángulo $\phi_{12} = 270 + \phi_{hk}$ del punto geográfico H; con ello se llega a la relación:

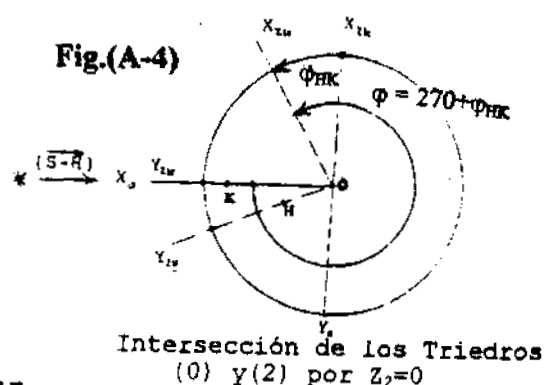
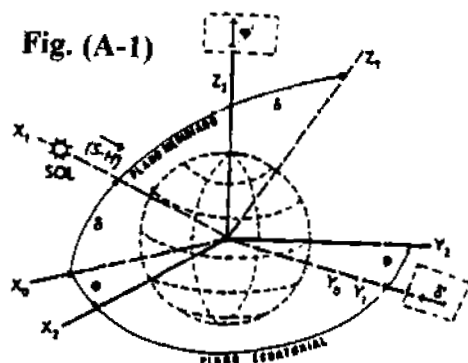
$$(A.3) \quad 270 + \phi_{hk} = 15 \times 12_k + C$$

y por consiguiente, a la fórmula:

$$(A.4) \quad \phi = 15t_k + \phi_{hk} + 90 \quad \text{"Angulo Horario" del punto H, con la hora del K.}$$

El valor de la constante C , es función del origen del "Angulo Horario", por lo cual, al variar dicho origen, también lo hace C . Tal es el caso de las horas gnomónicas Babilónicas ó Itálicas, que se estudiarán en su momento.

- En cuanto a la "Declinación Solar", de función compleja y con unidad de tiempo el día, no se calcula en este estudio, pero se encuentra tabulada en cualquier tratado de Astronomía.



CAPÍTULO II

B) Ecuación del Rayo Solar

Se ha definido el Rayo Solar, en el capítulo anterior, mediante el versor $(\vec{S}-\vec{H})_1 = -\vec{i}_1$. Al proyectarlo sucesivamente sobre los Triédros (2), (3), (A) y (B) se llega, en este último, a la ecuación vectorial:

$$(B.1) \quad \overline{(S-H)}_b = \overline{i}_b U_b + \overline{j}_b V_b + \overline{k}_b W_b \quad \text{siendo los componentes del versor, los siguientes:}$$

$$\begin{aligned} U_b &= (-b \sin \phi + a \cos \phi) \sin \phi \cos \delta + (a \sin \phi - m \cos \phi) \cos \phi \cos \delta \\ &\quad + (j \sin \phi + h \cos \phi) \sin \delta \\ (B.1.2) \quad V_b &= (-n \sin \phi - b \cos \phi) \sin \phi \cos \delta + (m \sin \phi + a \cos \phi) \cos \phi \cos \delta \\ &\quad + (-h \sin \phi + j \cos \phi) \sin \delta \\ W_b &= -c \sin \phi \cos \delta - d \cos \phi \cos \delta - f \sin \delta \end{aligned}$$

Los nueve coeficientes de estas fórmulas, nominados "Coeficientes Trigonométricos de Posición", abreviadamente "c.t.p", "Se hallan en todas las fórmulas de Gnomónica Vectorial, como coeficientes de las variables correspondientes a las ecuaciones vectoriales o algebraicas". Sus valores en función de los ángulos α, γ, i , están expresados por:

$$\begin{aligned} (B.2) \quad a &= -\sin \alpha \cos \gamma & j &= \cos \alpha \sin \gamma \sin \gamma + \sin \alpha \cos \alpha \\ b &= -\sin \alpha \sin \gamma \sin \gamma + \cos \alpha \cos \alpha & c &= -\sin \alpha \cos \gamma \sin \gamma - \cos \alpha \sin \gamma \\ m &= \sin \gamma & d &= \cos \alpha \cos \gamma \\ n &= -\sin \alpha \cos \gamma & f &= -\cos \alpha \cos \gamma \sin \gamma + \sin \alpha \sin \gamma \\ h &= -\cos \alpha \cos \gamma \end{aligned}$$

En el caso de que el versor "Rayo Solar" esté situado en el Triedro (A), debe cumplirse la condición que el ángulo $\phi=0$. Si en el Triedro (3), además de que $\phi=0$, en los "c.t.p" debe verificarse, que los ángulos $i=\gamma=90^\circ$. En el primer caso, las fórmulas del versor y sus componentes, son, respectivamente:

$$\begin{aligned} (B.3) \quad \overline{(S-H)}_a &= \overline{i}_a U_a + \overline{j}_a V_a + \overline{k}_a W_a \\ U_a &= n \sin \phi \cos \delta - m \cos \phi \cos \delta + h \sin \delta \\ (B.3.1) \quad V_a &= -b \sin \phi \cos \delta + a \cos \phi \cos \delta + j \sin \delta \\ W_a &= -c \sin \phi \cos \delta - d \cos \phi \cos \delta - f \sin \delta \end{aligned}$$

Las relaciones existentes entre los "c.t.p" se hallan aplicando tres teoremas vectoriales en las ecuaciones de paso entre los Triedros (2) y (A), que tienen la particularidad de ser solamente función de estos "c.t.p". Al proyectar los versores de un triedro en el otro, (se omite el cálculo), se llega a las fórmulas siguientes

$$\begin{aligned} (B.4.1) \quad \overline{i}_2 &= \overline{i}_a m - \overline{j}_a a + \overline{k}_a d \\ \overline{j}_2 &= \overline{i}_a n - \overline{j}_a b - \overline{k}_a c \\ \overline{k}_2 &= -\overline{i}_a h - \overline{j}_a j + \overline{k}_a f \\ (B.4.2) \quad \overline{i}_a &= \overline{i}_2 m + \overline{j}_2 n - \overline{k}_2 h \\ \overline{j}_a &= -\overline{i}_2 a - \overline{j}_2 b - \overline{k}_2 j \\ \overline{k}_a &= \overline{i}_2 d - \overline{j}_2 c + \overline{k}_2 f \end{aligned}$$

De estas ecuaciones se deduce:

- 1º) Cada versor de un triedro queda definido en el otro por 3 "c.t.p" que a su vez son sus cosenos directores; luego la suma de sus cuadrados es la unidad. Aplicado en los dos Triedros, se tiene:

$$(B.5) \quad \begin{array}{ll} m^2+a^2+d^2=1 & m^2+n^2+h^2=1 \\ n^2+b^2+c^2=1 & a^2+b^2+j^2=1 \\ h^2+j^2+f^2=1 & d^2+c^2+f^2=1 \end{array}$$

- 2º) El producto escalar de cada dos versores es nulo. Se obtienen las ecuaciones $i_2 \times j_2 = 0$ etc., es decir:

$$(B.6) \quad \begin{array}{ll} -mn-ab+cd=0 & -ma-nb+hj=0 \\ nh-bj+cf=0 & ad-bc+jf=0 \\ -mh+aj+df=0 & -md+nc+hf=0 \end{array}$$

- 3º) El producto vectorial de dos versores es igual al tercero. Su ecuación es:

$$(B.7.1) \quad \overline{i}_2 \wedge \overline{j}_2 = \overline{k}_2 ; \begin{vmatrix} \overline{i}_a & \overline{j}_a & \overline{k}_a \\ m & -a & d \\ n & -b & -c \end{vmatrix} = -\overline{i}_a h - \overline{j}_a j + \overline{k}_a f$$

Aplicando la formula anterior a los restantes versores de los Triedros (2) y (A), se llega, por duplicado, a las expresiones siguientes:

$$(B.7.2) \quad \begin{array}{ll} a = nf - ch & j = -mc - nd \\ b = -mf - dh & c = -ah - mj \\ m = -bf - cj & d = -bh - nj \\ n = af - dj & f = an - bm \\ h = -ac - bd \end{array}$$

En resumen, existen 21 relaciones que enlazan entre sí a los 9 "c.t.p", que facilitan notablemente el calculo gnomónico.

Representación gráfica

El Triángulo de Posición, Fig (B-1), está definido por los vértices siguientes:

- PN ; Polo Norte, Zenit del Triedro (2) $(0,0,1)_2$
- Z ; Zenit del punto geográfico H del Triedro (3), $(0,0,1)_3$
- A ; Zenit del Triedro (A), $(0,0,1)_A$

siendo sus lados $PN-Z = (90^\circ - \alpha)$; $Z-A = (90^\circ - i)$ y $A-PN = (90^\circ - \psi_0)$ (donde ψ_0 es el ángulo complementario del lado A-PN).

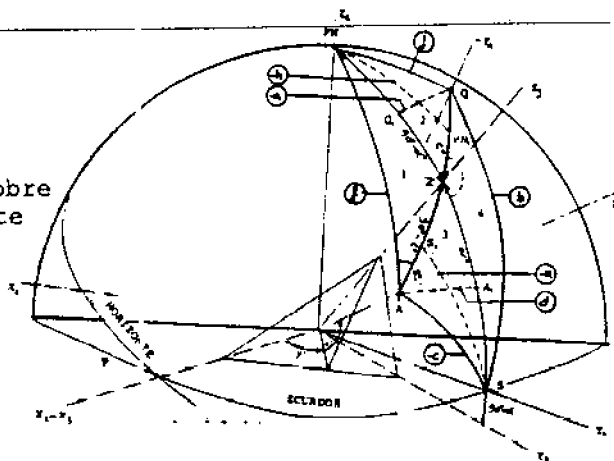
Asi mismo se conocen los ángulos $Z = (90^\circ - \gamma)$ y $A = \phi_a$, dado por $\tan \phi_a = -h/j$ (esta fórmula se usará con frecuencia)

Al prolongar los lados PN-Z y A-Z respectivamente, con los valores angulares α e i , se generan otros tres triángulos numerados, (2), (3) y (4), con los nuevos vértices $Q(0,-1,0)_A$ y $S(0,1,0)_2$. Estos triángulos conforman el cuadrilátero esférico PN-Q-S-A. o cuadrilátero K, cuyas diagonales son iguales a 90° , y que goza de las siguientes propiedades: Fig.(B-2)

-1º Calculando los lados de K, mediante los triángulos citados, se llega al siguiente resultado:

$$(B.8) \quad \begin{array}{ll} \cos PN-Q = j & \text{Los cosenos de los lados del cuadrilátero} \\ \cos Q-S = b & \text{K, coinciden con el valor de cuatro} \\ \cos S-A = -c & \text{"c.t.p"} \\ \cos A-PN = f \end{array}$$

Fig. (B-1)
Cuadrilátero K sobre
la Esfera Celeste



-2° Las alturas correspondientes a los triángulos (2) y (3) (que coinciden con las distancias desde los vértices del K. a sus dos diagonales), tienen los siguientes valores, dados por sus senos:

$$(B.9) \quad \begin{aligned} \text{sen } PN-PN_1 &= -h \\ \text{sen } Q-Q_1 &= -a \\ \text{sen } S-S_1 &= -n \\ \text{sen } A-A_1 &= d \end{aligned}$$

Los senos de las alturas de los triángulos (2) y (3), son iguales a cuatro de los "c.t.p"

Como resumen, los "c.t.p" pueden dividirse por su expresión matemática en los tres grupos siguientes:

- 1°) Grupo Binomio formado por los b, c, j, f; son función de los ángulos α, γ, i

- 2°) Grupo Monomio, con los a, n, h y d; son función de los ángulos α, γ ó i, γ -

- 3°) Grupo Monoparámetro al que pertenece el último "c.t.p", m función únicamente del ángulo γ.

Al desarrollarse los diversos capítulos de la "Gnomónica Vectorial", aparecerán otros grupos, normalmente de tres "c.t.p", que definen, cada uno de ellos, los componentes de versores, vectores, ecuaciones, o elementos básicos; por ejm. el grupo "h, j, f", aparece como único componente del versor "Estilo paralelo al Eje Terrestre" y en sus corolarios.

(Las relaciones existentes entre los diversos "c.t.p" y los ángulos de los cuatro triángulos ya citados, no se consideran en este estudio).

Próximos capítulos en ANALEMA:

Capítulo III : "Base del Reloj y Estilo"; Capítulo IV : "Vector Horario"

ERRRATAS en el Capítulo I de "Gnomónica Vectorial" ANALEMA n° 17.

- TRIÉDRO (A): Línea 11 debe decir $\overline{k}_a \phi'$
- TRIÉDRO (B): Línea 13 debe decir $\overline{k}_a \phi'$
- Versor Estilo: Línea 13 debe decir $-\overline{i}_b \psi'$ y $\overline{k}_a \phi'$ donde $\psi' = \phi' = 0$ y consecuentemente $\psi = C^{te}$ y $\phi = C^{te}$

HORAS DE PASO DEL SOL POR EL MERIDIANO CERO PARA 1997

ENERO	1	12h 3m40	12h 4m 8	12h 4m36	12h 5m 3	12h 5m30	12h 5m57	12h 6m23
	8	12h 6m48	12h 7m13	12h 7m37	12h 8m 1	12h 8m24	12h 8m47	12h 9m 9
	15	12h 9m30	12h 9m51	12h10m11	12h10m30	12h10m49	12h11m 6	12h11m23
	22	12h11m40	12h11m55	12h12m10	12h12m24	12h12m37	12h12m49	12h13m 1
	29	12h13m11	12h13m21	12h13m30				
FEBR.	1	12h13m38	12h13m46	12h13m52	12h13m58	12h14m 3	12h14m 7	12h14m11
	8	12h14m13	12h14m15	12h14m16	12h14m16	12h14m16	12h14m14	12h14m13
	15	12h14m 9	12h14m 6	12h14m 2	12h13m57	12h13m51	12h13m45	12h13m38
	22	12h13m31	12h13m23	12h13m14	12h13m 5	12h12m55	12h12m44	12h12m33
MARZO	1	12h12m21	12h12m 9	12h11m57	12h11m44	12h11m30	12h11m17	12h11m 2
	8	12h10m47	12h10m33	12h10m17	12h10m 2	12h 9m46	12h 9m29	12h 9m13
	15	12h 8m56	12h 8m39	12h 8m22	12h 8m 4	12h 7m47	12h 7m30	12h 7m11
	22	12h 6m53	12h 6m35	12h 6m17	12h 5m59	12h 5m41	12h 5m22	12h 5m 4
	29	12h 4m47	12h 4m28	12h 4m10				
ABRIL	1	12h 3m52	12h 3m35	12h 3m17	12h 2m59	12h 2m42	12h 2m25	12h 2m 8
	8	12h 1m51	12h 1m35	12h 1m18	12h 1m 3	12h 0m47	12h 0m32	12h 0m16
	15	12h 0m 2	11h59m49	11h59m34	11h59m20	11h59m 8	11h58m54	11h58m42
	22	11h58m31	11h58m19	11h58m 8	11h57m58	11h57m47	11h57m38	11h57m29
	29	11h57m20	11h57m13					
MAYO	1	11h57m 6	11h56m58	11h56m52	11h56m47	11h56m41	11h56m37	11h56m33
	8	11h56m28	11h56m26	11h56m24	11h56m22	11h56m21	11h56m21	11h56m20
	15	11h56m20	11h56m21	11h56m22	11h56m25	11h56m28	11h56m31	11h56m35
	22	11h56m40	11h56m44	11h56m49	11h56m55	11h57m 2	11h57m 8	11h57m16
	29	11h57m25	11h57m32	11h57m41				
JUNIO	1	11h57m49	11h57m59	11h58m 9	11h58m19	11h58m29	11h58m40	11h58m52
	8	11h59m 3	11h59m15	11h59m27	11h59m39	11h59m50	12h 0m 3	12h 0m15
	15	12h 0m29	12h 0m42	12h 0m54	12h 1m 8	12h 1m22	12h 1m34	12h 1m46
	22	12h 2m 0	12h 2m12	12h 2m25	12h 2m39	12h 2m51	12h 3m 4	12h 3m17
	29	12h 3m28	12h 3m40					
JULIO	1	12h 3m51	12h 4m 3	12h 4m15	12h 4m24	12h 4m35	12h 4m45	12h 4m56
	8	12h 5m 6	12h 5m14	12h 5m22	12h 5m30	12h 5m37	12h 5m45	12h 5m52
	15	12h 5m59	12h 6m 3	12h 6m 9	12h 6m14	12h 6m17	12h 6m21	12h 6m25
	22	12h 6m25	12h 6m28	12h 6m30	12h 6m31	12h 6m32	12h 6m30	12h 6m29
	29	12h 6m27	12h 6m24	12h 6m22				
AGOS.	1	12h 6m19	12h 6m16	12h 6m11	12h 6m 4	12h 5m59	12h 5m53	12h 5m45
	8	12h 5m38	12h 5m30	12h 5m19	12h 5m10	12h 5m 1	12h 4m51	12h 4m40
	15	12h 4m28	12h 4m15	12h 4m 3	12h 3m49	12h 3m36	12h 3m22	12h 3m 8
	22	12h 2m51	12h 2m36	12h 2m20	12h 2m 4	12h 1m47	12h 1m30	12h 1m12
	29	12h 0m53	12h 0m36	12h 0m18				
SEPT.	1	11h59m59	11h59m41	11h59m19	11h59m 0	11h58m40	11h58m19	11h58m 0
	8	11h57m40	11h57m17	11h56m56	11h56m36	11h56m15	11h55m53	11h55m34
	15	11h55m12	11h54m50	11h54m28	11h54m 8	11h53m46	11h53m24	11h53m 4
	22	11h52m40	11h52m21	11h51m59	11h51m40	11h51m19	11h50m58	11h50m37
	29	11h50m19	11h49m58					
OCTU.	1	11h49m38	11h49m21	11h49m 1	11h48m42	11h48m23	11h48m 7	11h47m49
	8	11h47m32	11h47m17	11h46m58	11h46m44	11h46m28	11h46m15	11h46m 1
	15	11h45m46	11h45m33	11h45m22	11h45m10	11h44m58	11h44m49	11h44m38
	22	11h44m29	11h44m19	11h44m13	11h44m 6	11h43m58	11h43m55	11h43m49
	29	11h43m44	11h43m40	11h43m39				
NOVI.	1	11h43m37	11h43m38	11h43m37	11h43m36	11h43m37	11h43m39	11h43m44
	8	11h43m47	11h43m54	11h43m56	11h44m 4	11h44m11	11h44m21	11h44m29
	15	11h44m38	11h44m48	11h44m59	11h45m13	11h45m26	11h45m42	11h45m56
	22	11h46m11	11h46m27	11h46m46	11h47m 3	11h47m21	11h47m42	11h47m59
	29	11h48m22	11h48m43					
DICI.	1	11h49m 7	11h49m29	11h49m52	11h50m15	11h50m39	11h51m 6	11h51m31
	8	11h51m59	11h52m25	11h52m51	11h53m18	11h53m48	11h54m15	11h54m43
	15	11h55m14	11h55m42	11h56m11	11h56m39	11h57m11	11h57m40	11h58m 9
	22	11h58m41	11h59m10	11h59m39	12h 0m 8	12h 0m40	12h 1m 8	12h 1m40
	29	12h 2m 6	12h 2m37	12h 3m 5				

La Tabla anterior indica la hora de paso del Sol, en Tiempo Universal, por el Meridiano Cero (Greenwich) con error menor de un segundo y para todos los días del año 1997. Para obtener esta hora en otros meridianos no hay mas que sumar (Longitud W) o restar (Longitud E) el valor de la longitud del nuevo meridiano, expresada en tiempo. Téngase en cuenta la posible variación de la hora oficial por adaptación a un huso horario determinado / eventualmente por jornada de verano.

Las distintas columnas se refieren a la fecha que figura en la izquierda de la fila aumentada en 0,1,2,3,4,5,6 días consecutivamente. Por ejemplo: la tercera columna de la segunda fila indica la hora de paso el día 10 de Enero. (12^h 7^m 37^s) □

