

*Y el que apetezca la gloria debe despedirse a tiempo del honor y dominar el arte difícil de irse en el momento oportuno.*  
Friedrich Nietzsche

**Solsticio de verano**  
Día 21 de Junio a las 17:16 U.T  
El sol entra en Cáncer

Eclipse de sol día 1-06-2011 a las 21:03 U.T

Eclipse de luna día 15-06-2011 a las 20:14

## SUMARIO DE LA EDICIÓN DE JUNIO 2011



### **Reloj de reflexión.** De Francesc Clarà

Un reloj de sol en el techo de una habitación parece cosa fácil y seguro, sin embargo, tiene su miga y su peligro.

### **Nocturlabio.** De Luís Hidalgo

Descripción del funcionamiento y construcción de este instrumento que nos permite saber la hora por la posición de algunas estrellas.

### **Diseño analítico de relojes en chapela filtrante.** De Rafael Soler

Fórmulas para este tipo de relojes y el código fuente del programa que facilita su cálculo.

### **Un cuadrante original.** De Luís Hidalgo.

Descripción del original cuadrante de Herstmonceux, llamado también cuadrante de Gordon.

### **Deducción de las fórmulas de la Altura y Azimut del sol mediante trigonometría plana.** De Juan C. García y Francisco Polop

No todos los aficionados a la gnomónica están familiarizados con la trigonometría esférica, por eso aquí se deducen estas importantes fórmulas utilizando la trigonometría plana.

### **Relojes de Vitoria XVIII.** De Antonio Cañones. Pedro Novella Y M<sup>a</sup> Josefa Urteaga

Última entrega del apéndice y final de esta voluminosa obra

### **Reloj de pastor y geometría.** De Francisco Javier Albertos

El reloj de pastor y los relojes poliédricos aparecen en numerosas obras de arte.

### **El tiempo sereno.** De Ignacio garzón y Esteban Martínez

Descripción de quince antiguos cuadrantes meridionales en la sierra de Aracena.

### **Poema gnomónico.** De Antonio Barceló



## **TALLER DE BRICOLAJE**

### **Reloj de reflexión**

Por Francesc Clarà

El pasado 21 de Marzo, día del equinoccio de primavera, di por terminado el reloj de reflexión que después de un laborioso proceso, había diseñado y construido en el techo de la habitación que me sirve de estudio.

Tenia noticias del reloj de reflexión del Lycée Stendhal, de Grenoble (Francia), construido el año 1673 por el jesuita P. Jean Bonfa, pero fue el artículo que en Marzo de 2004 publicó Martha Villegas en Carpe Diem sobre los dos relojes de reflexión que el reconocido gnomonista y buen amigo Reinhold Kriegler había construido en su casa de Bremen (Alemania), lo que me decidió a intentar hacer lo mismo en mi casa de Olot, para experimentar la sensación que según él se siente al “vivir dentro de un reloj de sol”

Aunque las leyes ópticas de la reflexión sean muy sencillas, la proyección de un reloj sobre una superficie limitada, aprovechando al máximo las horas de insolación, ya es algo más complicada.

Explica Martha que para trazar sus relojes, Reinhold utilizó una herramienta láser Tridux 2000, que yo no tenía. Tampoco me servía el método expuesto por el P. Tomás Vicente Tosca en su *“Tratado de Gnomónica”*, Libro VI, capítulo I, titulado *“De la descripción de los Reloxes Catóptricos ú de Reflexion”*, porque las dimensiones del techo de mi habitación hacían que tanto la proyección perpendicular del espejo como la del polo del reloj quedaran situados fuera de sus límites.

No me quedó más remedio que ingeniar un procedimiento alternativo.

En la ventana de mi estudio hay una barandilla exterior sobre la que atornillé firmemente un soporte en cuyo extremo situé un pequeño espejo redondo de 2 cm. de diámetro. Este soporte lleva incorporada una rótula que permite girar, inclinar y fijar el espejo en cualquier posición. (Figura 1)

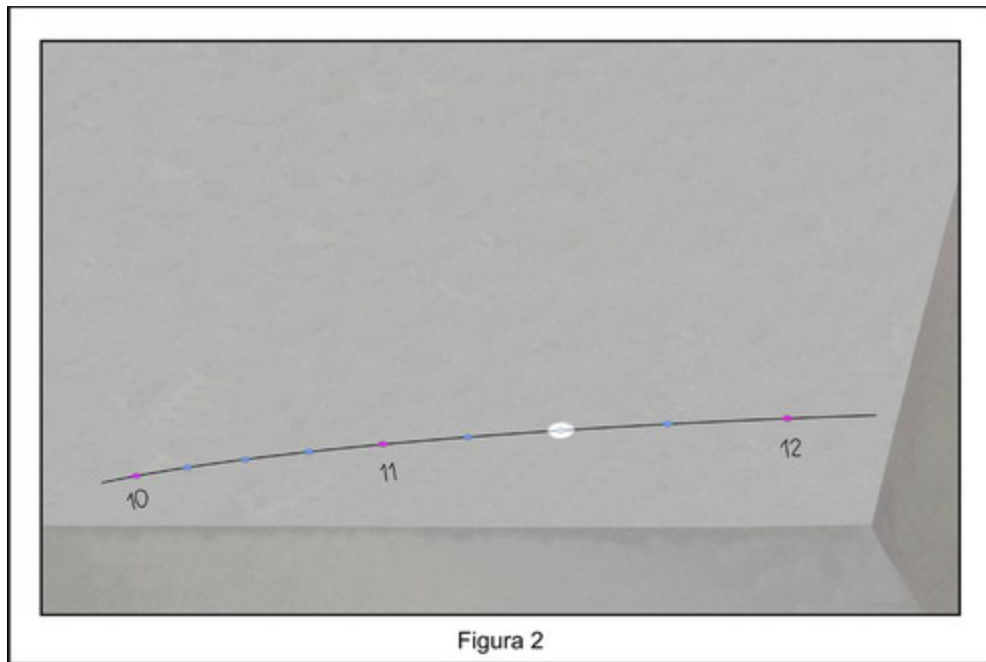


Figura 1

Era a finales del 2008. En esta época del año el sol está muy bajo en el horizonte y los edificios de enfrente solamente permiten su paso hasta mi ventana durante unas pocas horas cercanas al mediodía.

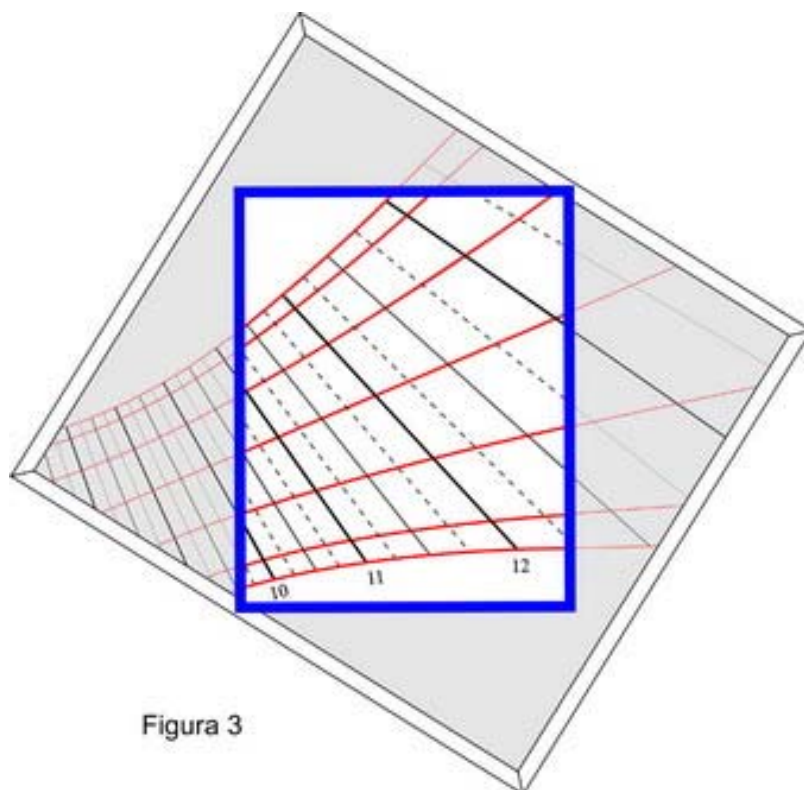
Para aprovechar al máximo la superficie del techo adaptándola a las horas de insolación disponibles, por tanteo incliné el espejo de manera que la mancha luminosa reflejada se proyectara en el lado del techo más cercana a la pared noroeste de la habitación y que siguiendo aproximadamente esta dirección, su trayectoria terminara en un punto cercano a la esquina norte.

El 21 de diciembre, subido a una escalera y armado de paciencia, siguiendo el avance del punto luminoso, fui dibujando en el techo la línea zodiacal correspondiente al solsticio de invierno y con tachuelas, señalé sobre ella las horas, medias horas y cuartos de hora del tiempo solar. (Figura 2)



Con un nivel graduado medí las inclinaciones del espejo en las direcciones Norte/Sur y Este/Oeste y con el programa Shadows calculé y dibujé un reloj oblicuo tomando como inclinación y declinación los ángulos del espejo.

Invertí el dibujo por tratarse de un reloj reflejado y tomando como referencia la línea del solsticio de invierno que ya tenía dibujada, enmarqué con un rectángulo la parte correspondiente al techo de la habitación. (Figura 3)



Trasladando a escala este dibujo al techo, en teoría el reloj estaba terminado pero para más seguridad, opté por señalar provisionalmente las líneas con hilos y tachuelas y comprobar durante un tiempo el lugar exacto donde realmente se proyectaba el punto luminoso. (Figura 4)

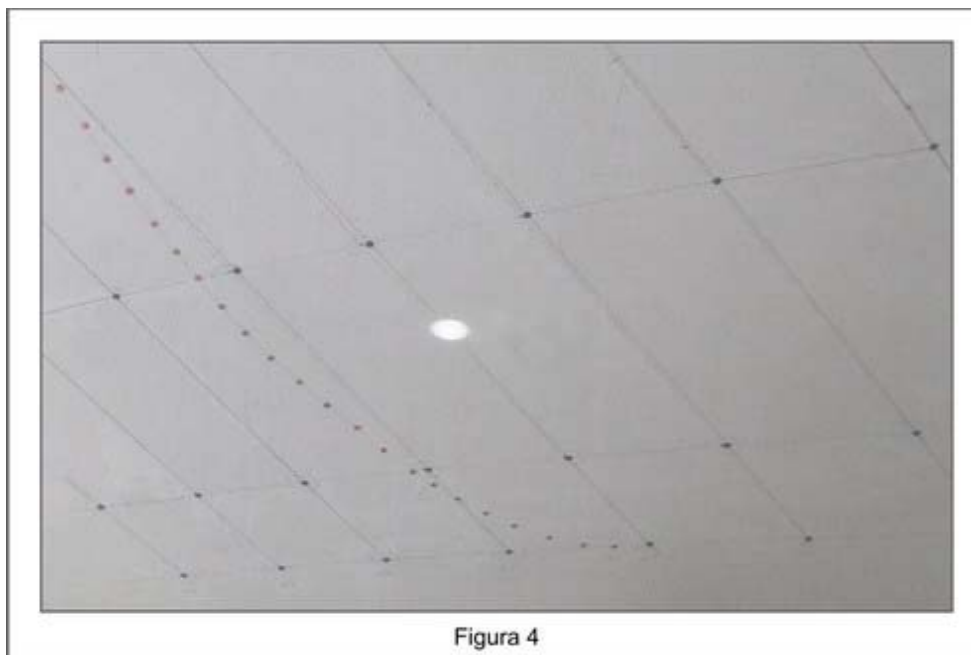


Figura 4

Durante unos meses, todos los días de cambio zodiacal, con la escalera de mano, subía y bajaba cada cuarto de hora para comprobar si el centro del círculo luminoso reflejado por el espejo coincidía con la correspondiente tachuela del techo.

Este control duró hasta pasado el equinoccio de primavera del año siguiente y la verdad es que, salvo pequeñas desviaciones seguramente debidas a la poca precisión con que medí los ángulos del espejo, el reloj parecía funcionar correctamente.

Pero entonces ocurrió que al aumentar las horas de insolación, la mancha de luz empezó a salirse del techo y a deslizarse por las paredes.

Ante la perspectiva de convertir la habitación en una jaula llena de líneas abstractas, mi esposa, muy diplomáticamente, me sugirió que quizás con el techo ya sería suficiente.

Entonces se me ocurrió colocar en la ventana un segundo espejo (Figura 5) y esperar el ya próximo solsticio de verano y tal como había hecho con el primero, orientarlo de forma que la mancha luminosa reflejada se proyectara, esta vez, en el lado del techo más cercana a la pared sudoeste de la habitación y que siguiendo aproximadamente esta dirección, su trayectoria terminara cerca de la esquina sur.

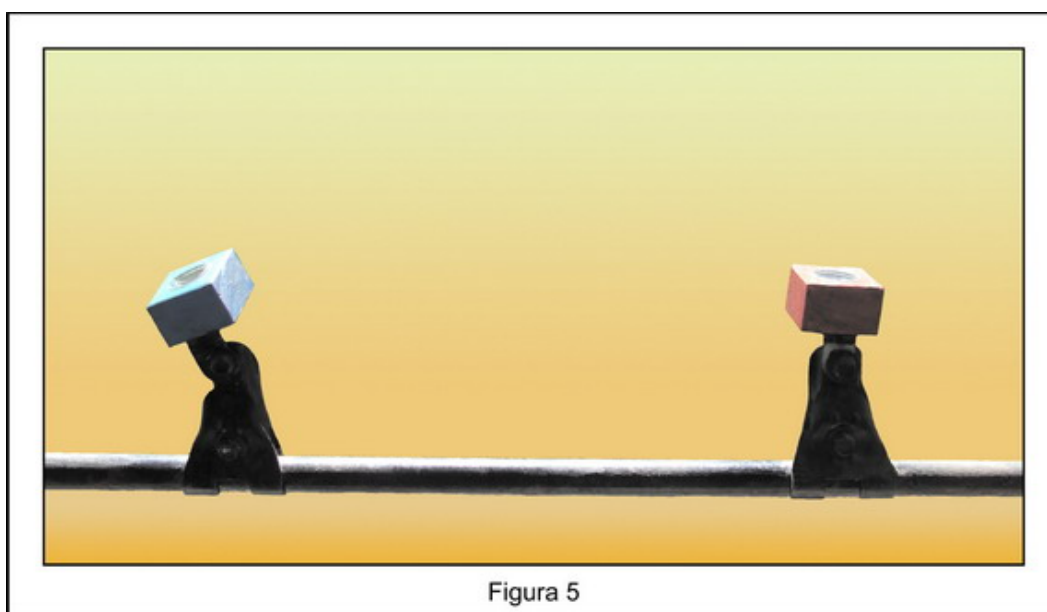


Figura 5

Repetí todo el proceso de medir las inclinaciones del nuevo espejo, calcular con Shadows el nuevo reloj, dibujarlo invertido, señalarlo en el techo con hilos y tachuelas y finalmente comprobar su correcto funcionamiento.

A finales del año 2009 tenía dos relojes de reflexión provisionalmente esbozados en el techo de mi estudio. Con ellos podía controlar la hora solar y el signo zodiacal de cualquier día del año sin que el punto de luz se saliera de los límites del techo.

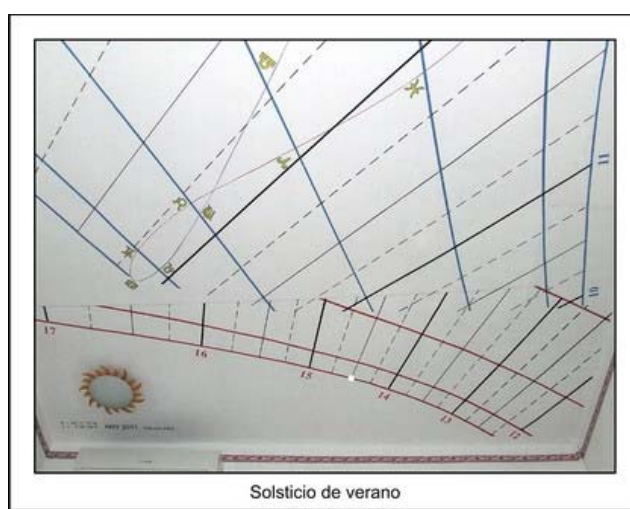
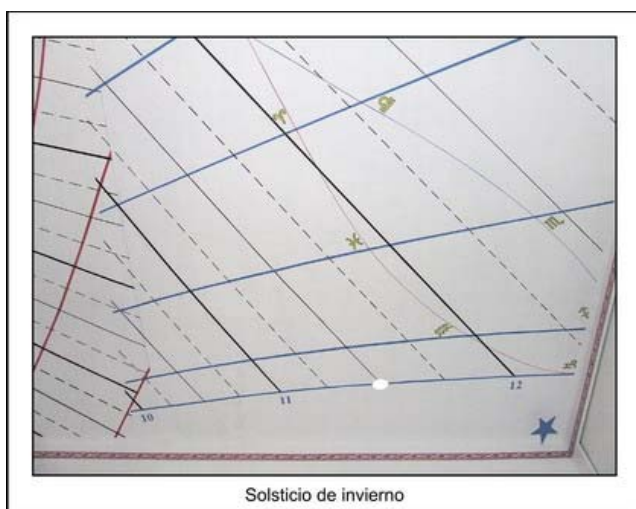


Había llegado el momento de terminarlos. Retiré los hilos y tachuelas y pinté de negro las líneas horarias, un trazo grueso para las horas, un trazo fino para las medias horas y una línea fina intermitente para los cuartos.

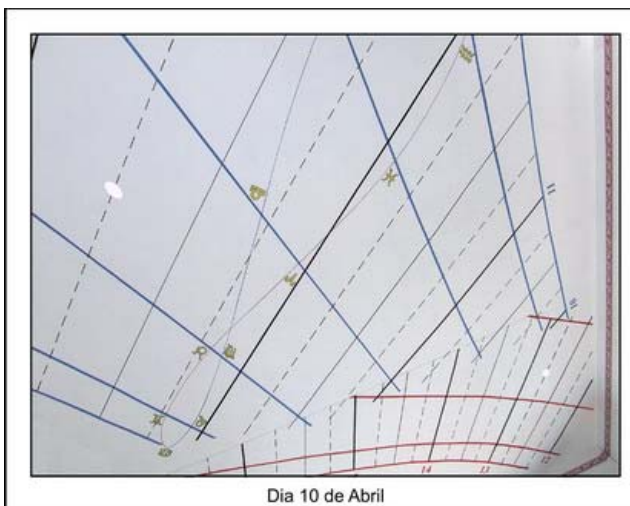
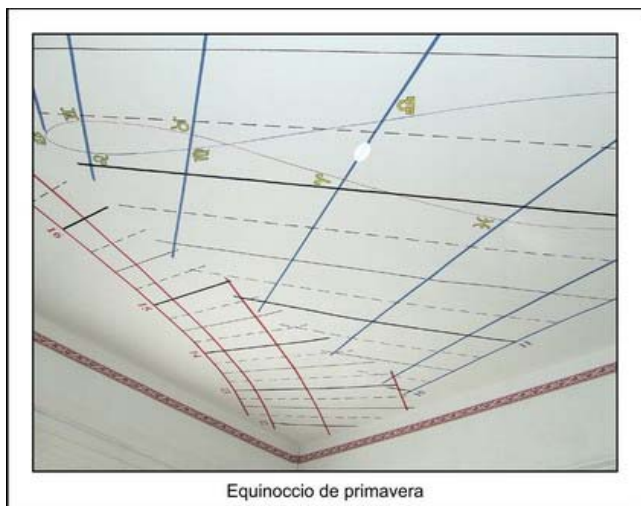
Para diferenciar los relojes, especialmente en la parte en que se solapan, decidí pintar de rojo las líneas zodiacales del reloj operativo solamente durante los meses próximos al solsticio de verano y en color azul las del reloj primeramente diseñado. En los días cercanos a los solsticios, es posible leer la hora en los dos relojes simultáneamente.

Los últimos meses los dediqué a completar la decoración enmarcando el techo con una cenefa, instalando en la esquina sur una lámpara en forma de sol y en el lado opuesto una estrella de color azul, dibujar un analema bicolor adornada con los signos del zodiaco y anotar la fecha y las coordenadas geográficas.

Las cuatro figuras siguientes corresponden respectivamente a fotografías tomadas los días del solsticio de invierno, el solsticio de verano, el equinoccio de primavera y un día a primeros de Abril en el que funcionaban conjuntamente los dos relojes.

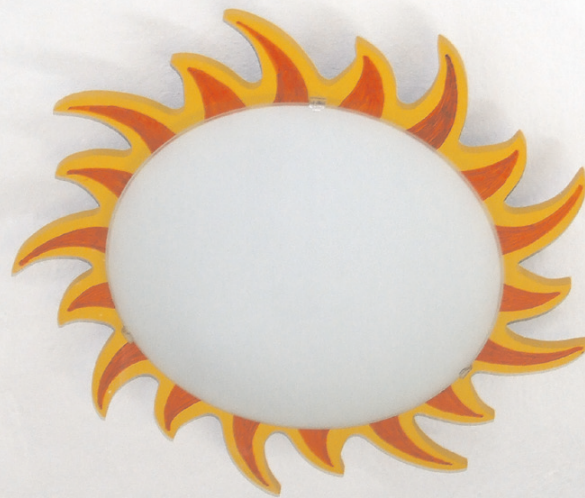


Figuras 6 y 7



Figuras 8 y 9

En total, con algunas interrupciones, tardé dos años y tres meses en ver terminado el doble reloj de reflexión al techo de mi estudio. En el transcurso de este tiempo practiqué incontables veces el saludable ejercicio gimnástico de subir y bajar la escalera de mano para llegar hasta el techo. Recuerdo especialmente la vez que me salté dos peldaños y terminé a urgencias con tres puntos en una ceja. ¡Todo sea por la Gnomónica!



$\varphi = 42^{\circ} 11' 17'' \text{ N}$   
 $\lambda = 2^{\circ} 29' 49'' \text{ E}$

ANY 2011

Francesc Clarà

## USO DEL NOCTURLABIO

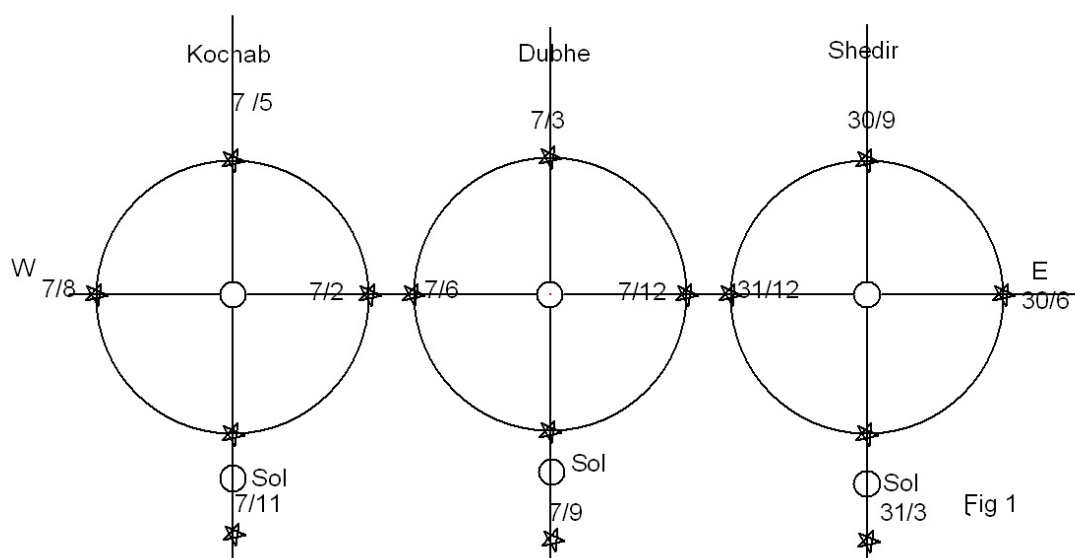
Por Luís Hidalgo Velayos

### Introducción

Los relojes de sol, creados por los gnomonistas, tenían y tienen la limitación impuesta por las horas de sol. Cuando el sol llegaba al ocaso, esos relojes no tenían ninguna utilidad, por lo que tuvieron que apelar a otros instrumentos basados en la observación de las estrellas o la Luna, para obtener la hora después de la puesta del sol.

En el siglo XVI surgió el Horologium Nocturnum, Nocturlabe, Orologio Nocturno, Nocturnal o Nocturlabio. No hay duda de que los antiguos navegantes de la época de los grandes descubrimientos, conocían la posición que debía alcanzar una estrella determinada cuando se llegaba a la medianoche. Ver Fig.1 (versión actualizada como regla nemotécnica).

✧ Posiciones recordatorias de las Estrellas para la Media Noche



### Generalidades

Al carecer de luz solar, la obtención de la hora se basa en la posición de las estrellas fijas con relación a una faz o cuadro, como el que tienen los relojes solares. Las estrellas como todos los cuerpos celestes, giran de este a oeste por efecto del movimiento de la tierra, rotando alrededor de eje polar (eje del mundo). Si se eligen estrellas circumpolares, aquellas que no tienen orto ni ocaso, será posible verlas durante toda la noche y si se mira hacia el Norte, se verá que describen círculos concéntricos alrededor de la Polar, girando en sentido directo, es decir, contrario a las manillas de un reloj convencional. Esto se aprecia ostensiblemente en las fotografías nocturnas realizadas con una larga exposición. Fig 2

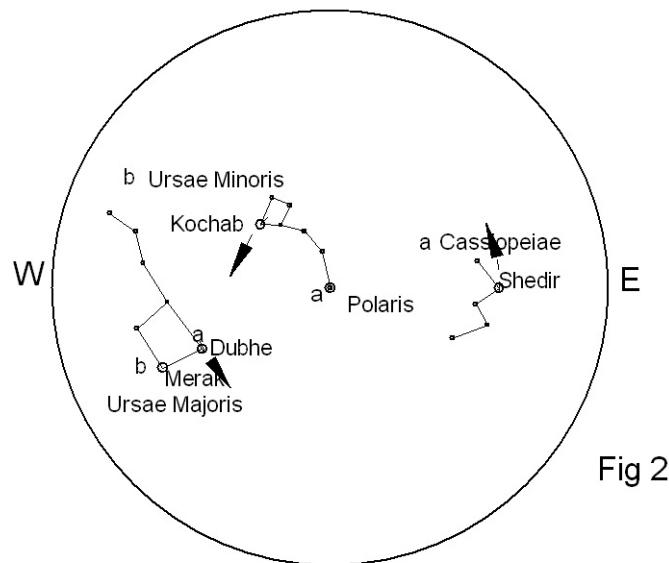


Fig 2

### Aspecto y relación entre las circumpolares en una noche veraniega

Si se enfila la posición de una estrella con la Polar, este enfilamiento centrado en la Polar se comporta como una gran aguja celeste en la que la esfera (faz del nocturlabio) no es más que la representación de la bóveda celeste visible y dará una vuelta completa en 23h 56m.

El Sol en su movimiento anual en la eclíptica, se desliza entre las estrellas fijas dando una vuelta completa a la bóveda celeste en un año, deslizándose sobre la estrella fija  $360^\circ/365$  grados al día, quedando un retraso de casi un grado, exactamente  $0.986^\circ$  al día, equivalente en tiempo a 3m 56s, lo que equivale a que las estrellas se adelantan diariamente al Sol dicho tiempo. Fig 3a y 3b



Fig 3a



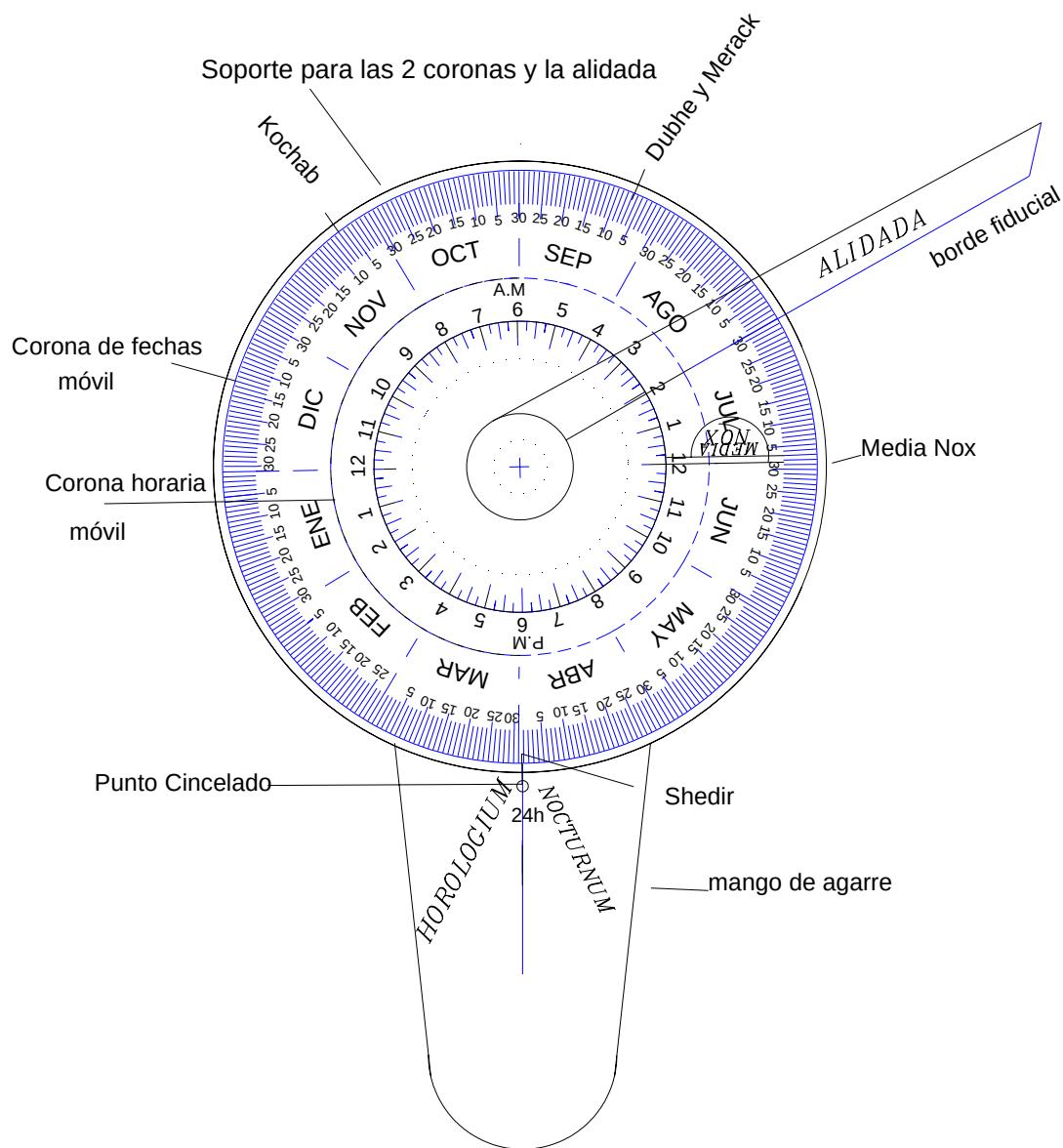
Fig 3b

## Materialización

Supongamos que elegimos una estrella como **Kochab**, la cual el día 7 De Noviembre está en el mismo círculo horario que el del Sol (también la misma Ascensión Recta 14h 50m). El disco de las fechas posee un tetoncillo que señala esta fecha y que la hacemos coincidir con las 0-24 horas del Sol, representado por el punto del manguito. Solo en ese día, 7 Noviembre, estrella y Sol al estar en el mismo círculo horario, se cumplirá que el Sol marca las 0 horas (Media Noche). Pero esto sucede, como veremos, el día 7 de Noviembre solamente.

En los días siguientes (por ejemplo) día 7 de Diciembre, un mes después, la estrella Kochab se habrá adelantado , sobre el sol, 3m 56s x31 igual 2 h 1m 56s, por termino medio 2 horas, y es precisamente a esa hora cuando la estrella Kochab marcará Media Noche y el Sol seguirá constantemente estando con las 0 h (XXIV) horas solares en el meridiano inferior, invisible para el observador nocturno, por lo que en ese momento, serán las XII solares, para nuestros antípodas de Nueva Zelanda.

Composición Fig 4



Empleando Shedir son las 2h solares el 1 de Julio

Esquema hecho en cartón

El presente nocturlabio consta de:

a) Un disco de base sostén, que se prolonga con un manguito al estilo inglés para soportar el peso del instrumento. En la parte media del mango y centralmente, hay un punto que servirá de referencia para los días determinados de las estrellas seleccionadas. Este punto tiene una gran relevancia debido al hecho de que representa al meridiano inferior cuando son las 24h -0h. En la parte superior del disco puede practicarse un pequeño orificio que sirva para colgar el instrumento facilitando la observación, realizándose ésta de forma más cómoda y precisa.

b) Un disco giratorio de las fechas y con los signos del zodiaco, siendo esta mas precisa, porque la división es de 30° exactos en cada signo. La división mas externa va grabada con los días de cada mes con pasos de 5 y 10 días. La interior o del Zodiaco cada signo va dividido en grados, también con pasos de 5° y 10°. En la periferia del mismo hay tres clavitos o tetoncillos que actúan como una señal, en las fechas determinadas para cada estrella seleccionada.

c) Otro disco giratorio más pequeño que el anterior (disco de las horas), en el que van grabadas las horas y tiene un apéndice "Media Nox" enfrente con las 24 horas. Hemos de hacer la salvedad importante de que "es la estrella escogida la que se encontrará en la media noche en la prolongación lineal del índice de Media Nox a través del agujero de la Polar", cuando señalará la media **Noche Real** y el Sol estará marcando las XXIV horas. A partir de esta hora se empezarán a contar las horas en sentido antihorario y creciente indicándonos que estamos en el día siguiente al de observación (horas de la madrugada). Con esta manera de contar las horas, al hacer el enfilamiento a la estrella, sabremos si nos faltan horas para la media Noche o por el contrario si estamos en las horas de la madrugada del día siguiente. Dado el pequeño espacio entre las horas los pasos son de 15 minutos.

d) Por último tenemos la alidada, para realizar los enfilamientos a las estrellas. Todos los discos están perforados dejando un agujero central, por el que discurre un remache hueco, cuya misión es visualizar la estrella Polar.

#### Utilización.

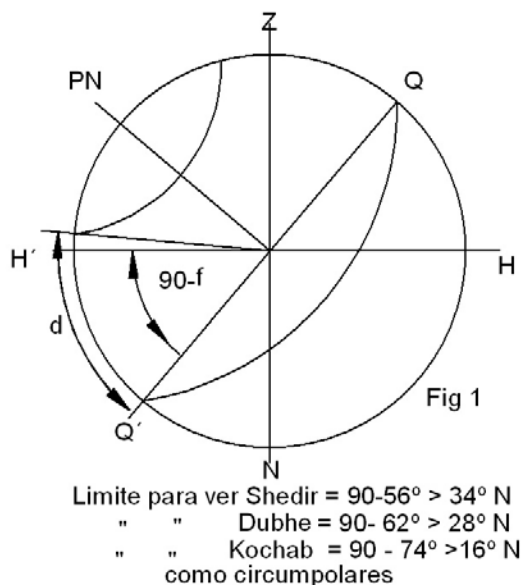
Se ha concebido este nocturlabio para utilizar con cualquiera de las tres estrellas siguientes:

**Dubhe**  $\delta=62^\circ$  **7 de Septiembre;**

**Kochab**  $\delta=74^\circ$  **7 de Noviembre;**

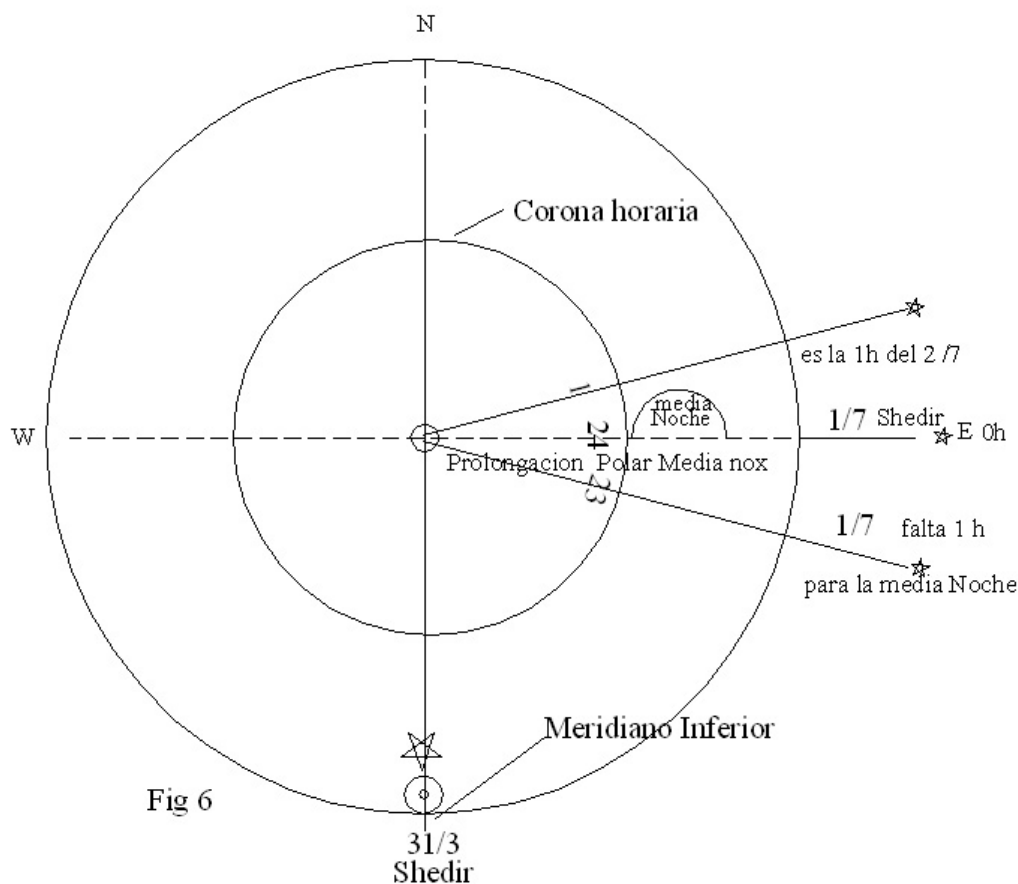
**Schedir**  $\delta=56^\circ$  **31 de Marzo.**

Se escogen estas estrellas, porque son circumpolares, es decir, siempre son visibles, sin orto ni ocaso. Para que esto suceda, se requiere como requisito indispensable, que la declinación  $\delta$  de las estrellas tiene que ser mayor que la Colatitud, es decir:  $\delta > (90-\phi)$ , siendo  $\phi$  la Latitud del punto de observación. Por tanto, se pueden emplear en Madrid ( $\delta = 49.6^\circ$ ). y en toda la península Ibérica, Baleares, Ceuta y Melilla. Fig 5





A continuación se girará la alidada, de manera que su borde fiducial toque a la estrella de elegida. Este borde señala en la corona horaria la hora SOLAR. Si al visualizar con la alidada la estrella, ésta cae por debajo de la prolongación de la línea Polar - Media Noche, quiere indicar que todavía le falta tiempo para que sea la media noche, tiempo que vendrá expresado en la corona horaria. Si cae justo en la prolongación, es que es Media Noche (0h) y si cae por encima la visual a la estrella, de la prolongación, indicará que se ha pasado a la madrugada del día siguiente, en tanto tiempo como lo indique la corona horaria. Fig 6



Esta hora la podemos convertir en la oficial, con los ajustes de corrección de longitud, ecuación del tiempo, hora de huso, y si estamos en verano una hora adicional (2h)

Pongamos varios ejemplos:

1º - Es la noche estrellada de un 1 de julio y la estrella que elegimos es Schedir (alfa de Casiopea).

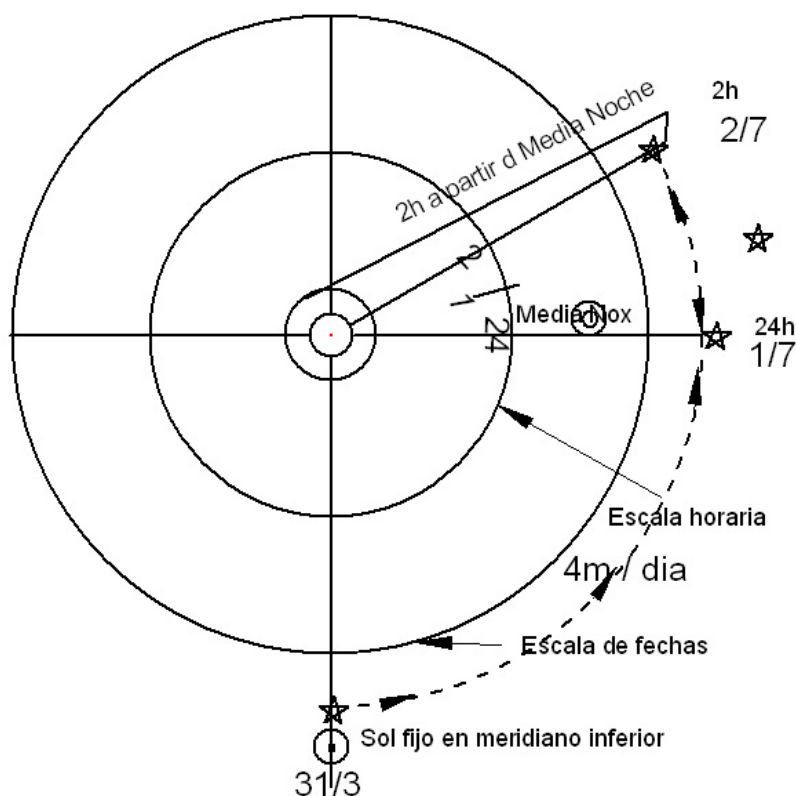
La observación la realizamos en Madrid ( $\lambda \approx 15m$ ).

Rotaremos la corona de las fechas hasta que el pivote del 31 de Marzo coincida con el punto cincelado en la parte media y superior del mango. Conseguida esa posición la mantendremos sujeta para que no se desplace y llevaremos la marca de la Media Nox, rotando la corona horaria, hasta hacerla coincidir con la fecha de observación 1 de julio.

Solo resta coger el Nocturlabio y manejarlo de tal manera que centrando la polar en el agujero central y con el plano perpendicular a dicha visual, enfilemos con la alidada por su borde fiducial a la estrella Schedir. Supongamos que ese borde nos marca las **2h** de la madrugada, (hora solar). Como se ha dicho anteriormente, añadiremos una hora del huso horario central de Europa, +15m por estar Madrid al Oeste, +4 m de la Ecuación del Tiempo y una hora más del ahorro energético. Tendremos así la hora oficial, es decir, las 4h 19m. del día 2 de Julio. Se comete un error de 1m por exceso. Fig 6a

Fig 6a (Prmer ejemplo)

★ Shedir



2º - Elegimos ahora la estrella Kochab ( $\beta$  Osa Menor) el día 18 Diciembre.

Siguiendo los mismos pasos, colocamos el pivote que corresponde al 7 de Noviembre enfrentado al punto cincelado del centro del mango. Lo mantendremos sujeto en dicha posición. Giraremos la corona horaria, procurando que la señal de la Media Noche coincida con la fecha 18 de Diciembre; visualizamos la Polar por el agujero central del Nocturlabio y enfilemos a Kochab con el borde fiducial de la alidada. Este nos marca las 4h 15 hora solar en la madrugada del día 19. Por tanto, **4h 15m** +1h del uso horario +15m de longitud oeste y -4m de la Ecuación del Tiempo, dan la hora del reloj de pulsera, 5h 26m. Los errores que se cometen se pueden atribuir en parte a la naturaleza del Nocturlabio, porque al tener la escala horaria tan reducida no permite subdivisiones de la

hora mas pequeñas y a la falta de precisión mecánica, y también a causas cuya responsabilidad es del observador, como enfilamientos poco precisos, cansancio visual etc., pero a efectos prácticos todos estos errores son despreciables.

3º - Finalmente para agotar las posibilidades de empleo con las estrellas, vamos a utilizar a Dubhe ( $\alpha$  Osa Mayor) la más empleada después de Kochab, en la antigüedad.

La que se ha utilizado con mayor profusión en el pasado, sobre todo en la época de los grandes descubrimientos por los navegantes, ha sido Kochab porque ésta podía ser visible por encima del paralelo 16º de latitud Norte, mientras que las otras, Shedir y Dubhe, no se comportaban como circumpolares en esas latitudes. En el dibujo se dan los límites de visibilidad de cada estrella.

Enfrentaremos el pivote del 7 de Septiembre con el punto de costumbre; giraremos la marca de la Media Nox en el día de la observación, 18 de diciembre. Visualizamos la Polar por el centro del agujero central del artefacto y enfilamos a Dubhe. El extremo interior del borde fiducial nos marcará la hora solar, **0h 45m**. 0h 45m +1h 11 minutos de corrección total, da las 1h 56m de la madrugada del día 19.

Concluyendo tenemos en nuestras manos un artilugio que es casi universal, solo dependiente de la latitud de uso y como se puede, comprobar bastante fiable, que se puede emplear durante un largo periodo de tiempo, puesto que las ascensiones rectas de estas estrellas se modifican lentísimamente<sup>1</sup> constituyendo en resumen un valioso auxiliar. Además, a diferencia de los Nocturlabios clásicos, al disponer de tres estrellas, si por efecto de una montaña edificio, nube u otra cualquier circunstancia desfavorable para ver la estrella Dubhe, (que utilizan los clásicos) siempre tendremos la oportunidad de emplear cualquiera de las otras dos. Evidentemente ¡NINGUNA SI ESTA NUBLADO!

Atención, alguien pensará que para eso están los relojes de cuarzo y yo les diré que estos no marcan la hora SOLAR...

Para el uso en nuestras latitudes se podría haber suprimido la horas que hay entre las 8 h de la mañana y las 16h, ya que al haber iluminación solar es imposible ver las estrellas, pero el hecho de que pueda utilizarse en las latitudes muy altas y en época invernal, induce a completar las 24 horas.

Cuando escribo estas notas, día de Navidad, en el Círculo Polar Ártico no existe ninguna hora de luz, por lo que está plenamente justificada la inclusión de las 24 horas.

Actualmente queda el Nocturlabio como un elemento nostálgico, por el que siento una gran estima y que la cronometría actual y la suma de la polución atmosférica y sobre todo, la gran iluminación de las ciudades (contaminación lumínica) nos priva de la contemplación gratificante de la maravilla que resulta la bóveda celeste nocturna.

A título personal, hace unos años visitando el sur de Túnez, ya en el desierto del Sahara, me di cuenta del placer de ver y contar la estrellitas que componen la hoz de Leo, los planetas y un largo etc. imagen imborrable que todavía persiste como un recuerdo mágico.

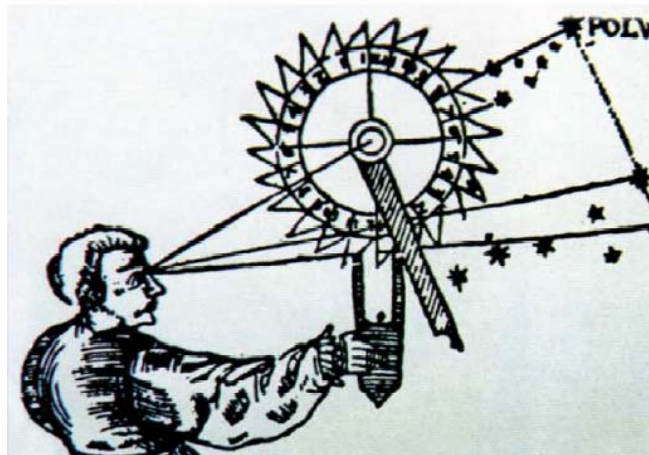
© Luis Hidalgo    Diciembre 2007 

Mi agradecimiento personal a mi buen amigo Eduard Farré y Olivé por su colaboración.

---

<sup>1</sup> Para darse una idea de de la lenta variación de la A.R (Ascensión recta) de las tres estrellas seleccionadas, diremos que en 10 años, Kochab tuvo una variación de 0.6' de arco, Dubhe 9' y Shedir de 8'. Lo cual equivaldría a que en un siglo Kochab vararía 6' de arco, que en tiempo son 24s., cantidad más que despreciable.

El empleo del nocturlabio explicado en un dibujo  
de Michael Coignet en el *Cosmographicus Liber* de Petri  
Apiano (1533).



<http://www.eduardfarre.com/bb/bb6sp.htm>



## DISEÑO ANALÍTICO DE RELOJES SOLARES EN CHAPELA FILTRANTE (CHAPEAU FILTRANT)

Por Rafael Soler Gayà

Un tipo de cuadrante solar que se presta para ser situado sobre columnas exentas, o esquinas meridionales de edificios, es el denominado, en algunos tratados, de “*chapeau filtrant*” constituido por dos elementos: un cuerpo cilíndrico o troncocónico de eje vertical cuya superficie contiene las líneas horarias y de declinación (calendario) y un disco superpuesto en la base superior, de mayor diámetro, que arroja sombra sobre el cuerpo. El punto más alto de dicha sombra marca en el cuerpo- sobre la respectiva línea de las dos antedichas- la fecha y la hora verdadera.

Como este punto más alto es difícil de apreciar con precisión el disco se dota de ranuras radiales a través de las cuales se filtran los rayos solares (de ahí el nombre adoptado) y, al deber ser las proyecciones de las ranuras en el punto exacto perpendiculares al círculo de la base superior del cuerpo, resulta fácil- por lectura directa o interpolación entre las dos más próximas a la vertical- proceder a la lectura. La proliferación de ranuras proyectadas y la propia forma (que se presta a múltiples adornos en volumen complementarios) produce cierta visión espectacular de este tipo de relojes.

Para diseñar estos cuadrantes- siendo desarrollables las superficies del cilindro y del tronco de cono- resulta sencillo su cálculo analítico\* desarrollando las líneas sobre el plano ortomeridiano tangente meridional adoptando como eje de ordenadas la generatriz sur del cono o cilindro y, como eje de abscisas, la línea E – W que pasa por el vértice del cono o, en el cilindro, por el punto de la generatriz en la base superior.

El planteamiento del cálculo analítico es muy simple y basta aplicar las conocidas formulas que dan el azimut\*\*y la altura solar\*\*\*en función de la latitud del lugar, de la declinación solar y del ángulo horario.

### Cuerpo en tronco de cono.-

#### Parámetros y datos gnomónicos utilizados.-

Diámetro mayor del tronco de cono (supuesto arriba)  $d_1$  (en la unidad de longitudes común que se elija)

Diámetro menor del tronco de cono (supuesto abajo)  $d_2$  (en la unidad de longitudes común que se elija)

Longitud de la generatriz  $g$  (en la unidad de longitudes que se elija)

Diámetro genérico de la sección recta del cono:  $d$  (en la unidad de longitudes común que se elija)

Semiángulo cónico:  $\psi$

Latitud del lugar  $\phi$  (en grados sexagesimales habitualmente)

Ancho del ala  $v$  (en la unidad de longitudes común que se elija)

$\text{sen } \psi = (d_1 - d_2) / (2g)$

Las abscisas y ordenadas vendrán en la unidad de longitudes adoptada.

Declinación solar:  $\alpha$

Altura solar:  $o$

Ángulo horario:  $\epsilon$ .

Azimut:  $\beta$ .

#### Cálculo de las fórmulas de aplicación.-

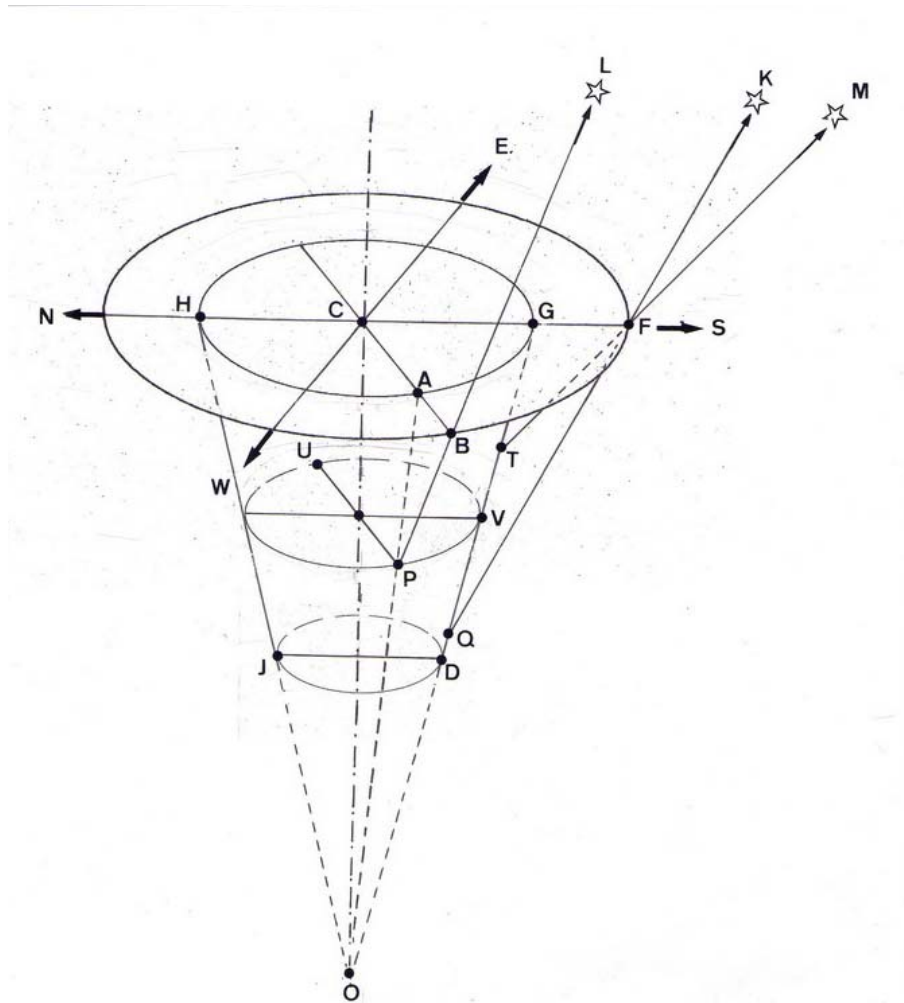


FIGURA 1

$$\begin{aligned}
 DG &= g & GH &= d_1 & JD &= d_2 & HVC &= \psi & \text{sen } \psi &= (d_1 - d_2) / (2g) \\
 DGF &= 90^\circ - \psi & GCA &= \beta & UP &= d & GF &= v & APL &= 90^\circ - \psi - \alpha \\
 GFK &= 180^\circ - \alpha \text{ max. } (\alpha = 23,45^\circ) & GFM &= 180^\circ - \alpha \text{ min. } (\alpha = -23,45^\circ)
 \end{aligned}$$

Sea (figura 1) un tronco de cono de eje vertical OC donde FK es el rayo solar que pasa por el borde del ala el mediodía del solsticio de verano incidiendo en Q y FM el del solsticio de invierno incidiendo en T, y P un punto cualquiera (no necesariamente en el plano meridiano) que recibe la sombra del punto del ala B situado en el plano vertical que pasa por el eje del tronco de cono y por el sol un día de declinación  $\alpha$  a la hora  $\epsilon$ . Como AB está en este plano será  $ABL = 180^\circ - \alpha$ . Y el arco GA, con A en el sur, corresponderá al azimut  $\beta$ .

*Limitación del ancho de ala v.-*

En el triángulo GFQ se tiene:

$$QGF = 90^\circ + \psi \quad GFQ = \alpha^\circ \text{ max} \quad FQG = 90^\circ - \psi - \alpha^\circ \text{ max.}$$

luego, si el punto Q del mediodía del solsticio de verano no debe descender por debajo de D, de la consideración del triángulo GFQ se obtiene el límite:

$$v / \cos(\psi^\circ + \alpha^\circ \text{ max}) = v / \cos(113,45^\circ - \varphi^\circ + \psi^\circ) = g / \text{sen } \alpha^\circ \quad \text{y como:}$$

$$\text{sen } \alpha^\circ = \text{sen } \varphi^\circ \text{sen } \alpha^\circ + \cos \varphi^\circ \cos \alpha^\circ \cos \epsilon^\circ \quad \text{con } \alpha^\circ = 23,45^\circ \text{ y } \epsilon^\circ = 0^\circ$$

para que la sombra del ala no salga del cuadrante deberá ser:

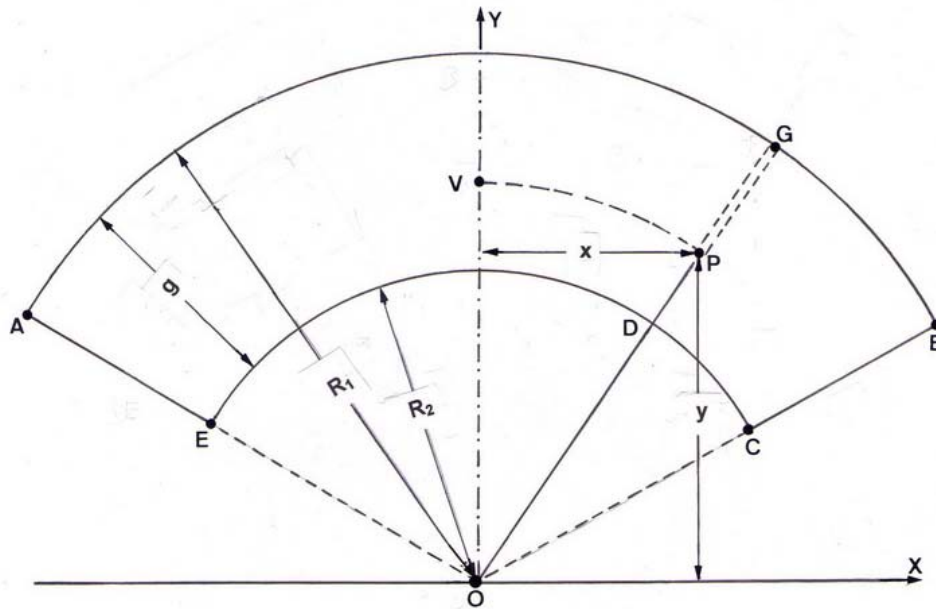


$$v < g [\cos (113,45^\circ - \varphi^\circ + \psi^\circ)] / [0,39795 \sin \varphi^\circ + 0,91741 \cos \varphi^\circ]$$

Cumplida esta condición cabe el reloj en el tronco de cono y puede procederse al cálculo.

*Cálculo de la tabla de coordenadas.-*

Sea (figura 2) el sector de corona circular al que corresponde el cuadrante desarrollado sobre el plano tangente al cono en su generatriz Sur OG (figura 1) que actúa como eje OY de ordenadas. El punto genérico P tendrá las coordenadas (x,y)



**FIGURA 2**

Sea (figura 2) ABCE el área del tronco de cono desarrollada sobre el plano tangente al cono en su generatriz Sur GD (figura 1), que adoptará la forma de una corona circular de ancho g, y P un punto genérico de la proyección del borde del ala. Si se adopta como origen de coordenadas el vértice del cono y como eje de ordenadas la generatriz OG (figura 1) de tangencia y como eje de abscisas la perpendicular por el vértice O del cono se calcularán las coordenadas (x,y) de dicho punto por medio de la longitud OP y el ángulo VOP.

Para ello téngase en cuenta que, siendo  $OP = OV$ , la longitud del arco PV será igual a la del arco PV, también así señalado, comprendido (ver figura 1) entre el punto P y la generatriz de tangencia (eje OY) del círculo horizontal que secciona al cono por dicho punto y que este arco se corresponde con el azimut  $\beta = GCA$  del sol en este momento, dependiente de  $\alpha$ ,  $\varepsilon$  y de  $\varphi$ . Resulta así:

$$PV = (d/2) \beta \quad \text{con } \beta \text{ en radianes}$$

En el triángulo ABP (figura 1) con  $GF = AB = v$  y donde:

$$PAB = 90^\circ + \psi \quad ABP = \varphi^\circ \quad BPA = 90^\circ - \psi - \varphi^\circ \quad \text{se tiene:}$$

$$AP / \sin \varphi = v / \cos(\psi + \varphi) \quad AP = v \sin \varphi / \cos(\psi + \varphi) \quad \text{y como:}$$

$$OA = OG = g + OD = g + d_2 / (2 \sin \psi) = g d_1 / (d_1 - d_2) \quad \text{será:}$$

$$OP = OA - AP = g d_1 / (d_1 - d_2) - v \sin \varphi / \cos(\psi + \varphi)$$

En la figura 2 el ángulo  $POV = PV / OP$  en radianes será:

$$POV = (\beta d/2) / OP = [OP \beta (d_1 - d_2) / (2g)] / OP = \beta (d_1 - d_2) / (2g)$$

y las coordenadas de P:

$$x = OP \sin \text{POV} \quad y = OP \cos \text{POV} \quad \text{siendo, como es sabido:}$$

$$\text{tg } \beta = (\sin \varepsilon^\circ) / (\sin \varphi \cos \varepsilon^\circ - \cos \varphi \text{tg } \alpha^\circ) \quad y$$

$$\sin o = \sin \varphi^\circ \sin \alpha^\circ + \cos \varphi^\circ \cos \alpha^\circ \cos \varepsilon^\circ$$

La longitud del arco AGB (figura 2) es la misma del círculo completo GAH (figura 1) y en él terminan las líneas de declinación y horarias que corresponden a los puntos de ortos y ocasos. Las dimensiones de la figura 2 serán pues:

$$OA = R_1 = g \, d_1 / (d_1 - d_2)$$

$$OE = R_2 = g \, d_2 / (d_1 - d_2)$$

$$AOB \text{ (radianes)} = AB / OA = \pi (d_1 - d_2) / g$$

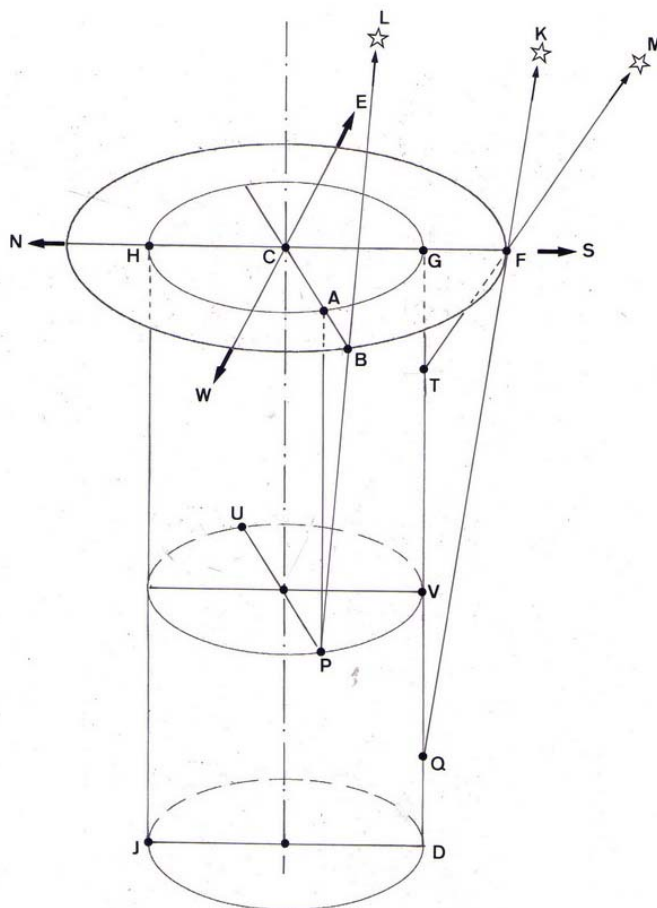
Dos condiciones procede establecer en el cálculo mecanizado. La primera derivada de la circunstancia (entre el solsticio de verano y los equinoccios) de que el valor de los azimutes pueda ser superior a los  $90^\circ$ , lo cual da lugar, para ángulos horarios positivos, a azimutes negativos y para ángulos horarios negativos a azimutes positivos, todo lo cual implica un retroceso de abscisas. La segunda derivada de eliminar cualquier hora nocturna estableciendo que siempre la altura solar sea positiva. Resultan así las condiciones a imponer:

1ª.- Que cuando  $\text{tg } \beta$  es negativo para  $\varepsilon^\circ$  positivo, debe tomarse para  $\beta$  el valor  $180^\circ - \beta^\circ$ , o bien  $\pi - \beta$  según se haya calculado en grados o radianes. Igualmente cuando  $\text{tg } \beta$  es positivo, para  $\varepsilon^\circ$  negativo, debe tomarse para  $\beta$  el valor  $\beta^\circ - 180^\circ$ , o bien  $\beta - \pi$  según se haya calculado en grados o radianes

2ª.- Que no se admita el valor de las coordenadas si:

$$\sin o = \sin \varphi^\circ \sin \alpha^\circ + \cos \varphi^\circ \cos \alpha^\circ \cos \varepsilon^\circ < 0$$

**Cuerpo en cilindro.-**



Teóricamente es un caso particular del anterior en que  $\psi = 0$ . Ahora bien, como  $d_1 - d_2 = 0$  se produce una indeterminación en  $OP$  que impide la aplicación directa de la fórmula. Resulta pues procedente el cálculo directo, por otra parte más sencillo.

**FIGURA 3**

$$\begin{aligned} DG &= g & GH &= JD = UP = d \\ DGF &= 90^\circ & GF &= AB = v \\ APL &= 90^\circ - o \\ GFK &= 180^\circ - o \text{ max. } (\alpha = 23,45^\circ) \\ GFM &= 180^\circ - o \text{ min. } (\alpha = -23,45^\circ) \end{aligned}$$

*Parámetros y datos gnomónicos utilizados.-*

Diámetro del cilindro  $d$  (en la unidad de longitudes común que se elija)  
Longitud de la generatriz  $g$  (en la unidad de longitudes que se elija)

Latitud del lugar  $\varphi$  (en grados sexagesimales habitualmente)  
 Ancho del ala  $v$  (en la unidad de longitudes común que se elija)  
 Las abscisas y ordenadas vendrán en la unidad de longitudes adoptada.  
 Declinación solar:  $\alpha$   
 Altura solar:  $\theta$   
 Ángulo horario:  $\varepsilon$ .  
 Azimut:  $\beta$ .

*Limitación del ancho de ala  $v$ .*

Haciendo  $\psi = 0$  en el cálculo anterior resulta la condición

$$v < g [\cos (113,45^\circ - \varphi^\circ)] / [0,39795 \sin \varphi^\circ + 0,91741 \cos \varphi^\circ]$$

*Cálculo de la tabla de coordenadas.*

En este caso se adopta como eje de ordenadas la generatriz meridional GD del cilindro y como eje de abscisas su perpendicular, tangente, por el punto del ala (G en figura 3).

La ordenada y será AP que vale:

$$AP = AB \operatorname{ctg} APB \quad y = v \operatorname{tg} \theta. \quad \text{siendo:}$$

$$\sin \theta = \sin \varphi^\circ \sin \alpha^\circ + \cos \varphi^\circ \cos \alpha^\circ \cos \varepsilon^\circ$$

La abscisa  $x$  será el arco AG = PV desarrollado:

$$AG = \beta AC \quad (\text{en radianes}) \quad x = \beta d / 2 \quad \text{siendo:}$$

$$\operatorname{tg} \beta = (\sin \varepsilon^\circ) / (\sin \varphi \cos \varepsilon^\circ - \cos \varphi \operatorname{tg} \alpha^\circ)$$

Serán de aplicación las mismas dos condiciones ya expresadas para el cálculo mecanizado del caso de cuadrante en tronco de cono.

### **Aplicación del proceso.-**

Para su ubicación en la esquina sur de una casa se han estudiado dos soluciones con el fin de elegir entre ellas, una en troncocónico y otra en cilíndrico, de las cuales se han realizado sus respectivas maquetas previéndose que se adoptará un diámetro máximo del cuerpo de 40 cm. Se adjuntan sendas fotografías así como los respectivos planos desarrollados y completados con las leyendas pertinentes comunes en cualquier reloj.

El programa ha sido desarrollado en free Pascal y una vez obtenidas las tablas de coordenadas ha sido aplicado un programa común con interpolación gráfica. Se adjunta el programa fuente.

Se han dispuesto líneas horarias cada media hora por lo que el ángulo horario  $\varepsilon$  varía cada  $7,5^\circ$  entre  $-105^\circ$  y  $+105^\circ$ . Para las líneas de declinación se han adoptado las clásicas declinaciones solares  $\alpha$  que separan los meses zodiacales:  $(+/-)23,45^\circ$   $(+/-)20,17^\circ$   $(+/-)11,33^\circ$   $0,00^\circ$ .

Los parámetros de la maqueta son:

*Solución en troncocónico.-*

Diámetro mayor del tronco de cono (arriba)  $d_1 = 86 \text{ mm}$   
 Diámetro menor del tronco de cono (abajo)  $d_2 = 74 \text{ mm}$   
 Longitud de la generatriz  $g = 150 \text{ mm}$   
 Latitud del lugar  $\varphi$  (en grados sexagesimales  $39,71^\circ$ )  
 Ancho del ala  $v = 25 \text{ mm}$

*Solución en cilíndrico.-*

Diámetro  $d = 106 \text{ mm}$

Longitud de la generatriz  $g = 150 \text{ mm}$

Latitud del lugar  $\varphi$  (en grados sexagesimales  $39,71^\circ$ )

Ancho del ala  $v = 25 \text{ mm}$

**Observación final.-**

El autor aclarará gustosamente cualquier duda que pueda ofrecer lo expuesto en el presente artículo.

\*.- Cuantas fórmulas, simbologías y métodos se aplican pueden hallarse en el libro del autor "*Diseño y Construcción de relojes de Sol y de Luna*" editado por el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y

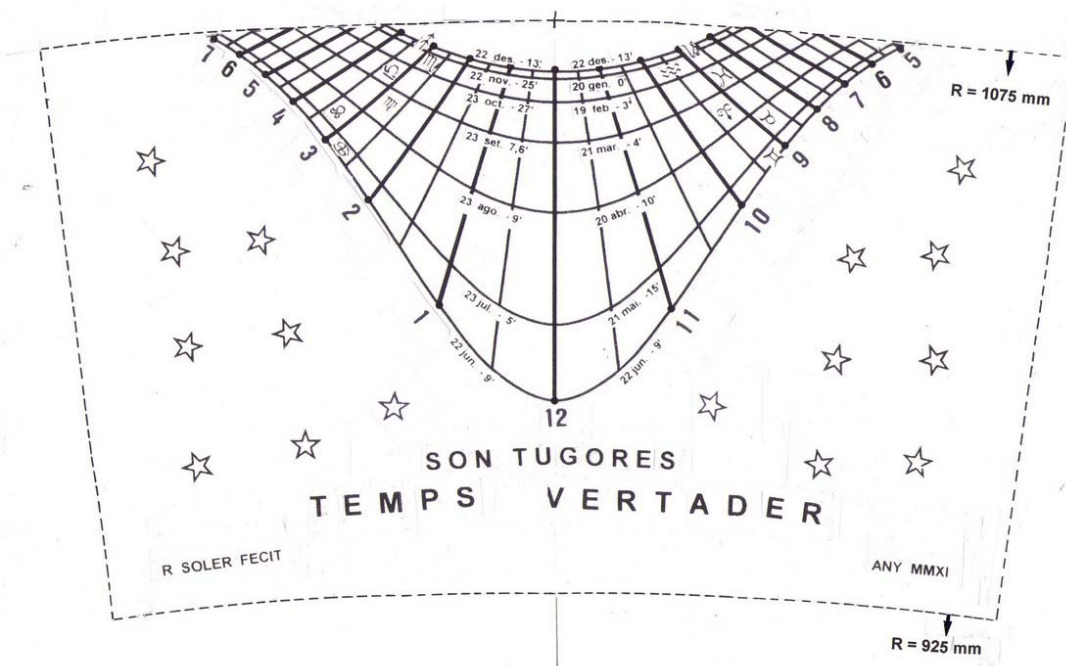
Puertos. Colección de "Ciencias, Humanidades e Ingeniería" (nº 29). Servicio de Documentación y Biblioteca.

C/ Almagro nº 42 28010 MADRID. Tel:34 91 3081988 Fax: 34 91 3199556. [libreria@ciccp.es](mailto:libreria@ciccp.es)

\*\*.- La deducción de esta fórmula puede encontrarse en la página 277 del libro antes citado.

\*\*\*.- La altura solar es complementaria de la distancia zenital. La deducción de su fórmula puede hallarse en la página 274 del libro antes citado

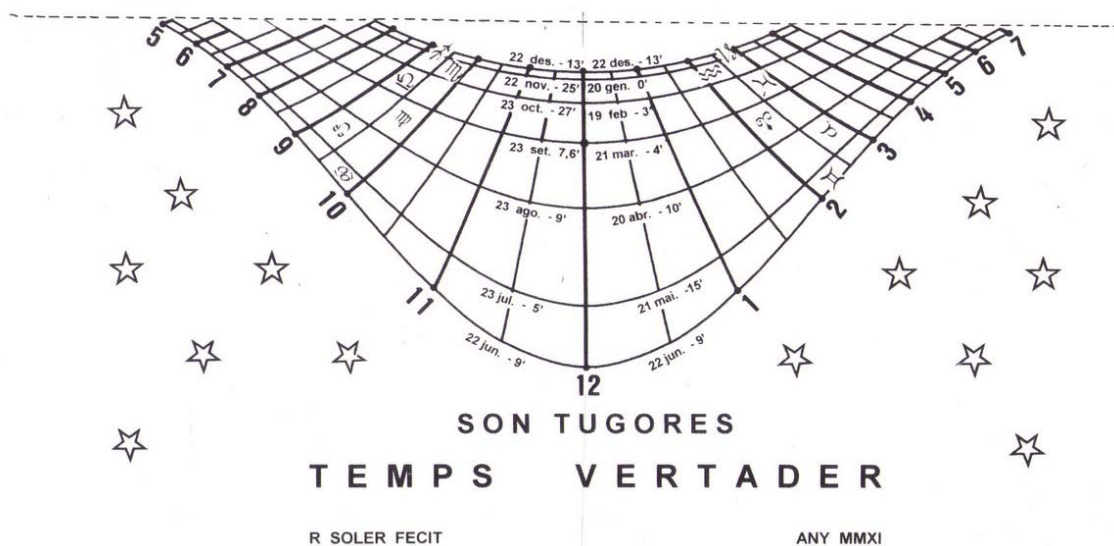
[solergaya@hotmail.com](mailto:solergaya@hotmail.com)



**LÍNEAS HORARIAS Y DE DECLINACIÓN EN EL CUADRANTE TRONCOCÓNICO**



MAQUETA DEL TRONCOCÓNICO. MARCA LAS 10h 45m EL 1° DE MAYO.



LÍNEAS HORARIAS Y DE DECLINACIÓN EN EL CUADRANTE CILÍNDRICO



MAQUETA DEL CILÍNDRICO. MARCA LAS 10h 45m EL 1º DE MAYO.



## UN CUADRANTE ORIGINAL

Por Luís Hidalgo Velayos

Foto del Cuadrante de Gordon E. Taylor:



<http://cadrans.solaires.pagesperso-orange.fr/cadrans/originaux-europe-gb.htm>

### ***Un poco de historia***

El cuadrante que se contempla en la fotografía es conocido como el cuadrante de Herston Monceux, ya que el primer lugar del emplazamiento en el año 1975 fue el patio del castillo del mismo nombre y detrás del busto de John Flamsteed, primer astrónomo real.

Este cuadrante, primero y único en el mundo de este tipo, fue concebido por Gordon E. Taylor; el encargado de su realización fue el ingeniero Georges. E. Simmonds y la compañía constructora la Sociedad Morfax Ltd.

El motivo de su construcción, fue la conmemoración del tercer centenario de la fundación del Real Observatorio de Greenwich.

En el año 1990, parte del equipamiento de Greenwich se traslada a Cambridge, incluyendo el reloj solar, y allí está situado en la actualidad.

La primitiva idea de Gordon era que sirviese para que al observarle, los niños que se bañaban en la piscina, supiesen la hora que era.

### ***Comentario personal***

Ignoro si en el traslado se hicieron las oportunas correcciones de latitud y longitud o simplemente se corrigió la diferencia de latitud, por inclinación hacia la parte Norte, con el hecho implícito de que el estilo no queda perfectamente vertical, o por el contrario si hicieron las correcciones necesarias para su adaptación a la nueva latitud y longitud.

En el Castillo (Greewich) la latitud es de  $\phi = 51^{\circ} 28' N$  y  $\lambda = 0^{\circ} 00' W$ . Mientras que en Cambridge la latitud es  $\phi = 52^{\circ} 13' N$  y la longitud  $\lambda = 0^{\circ} 08' E$ .

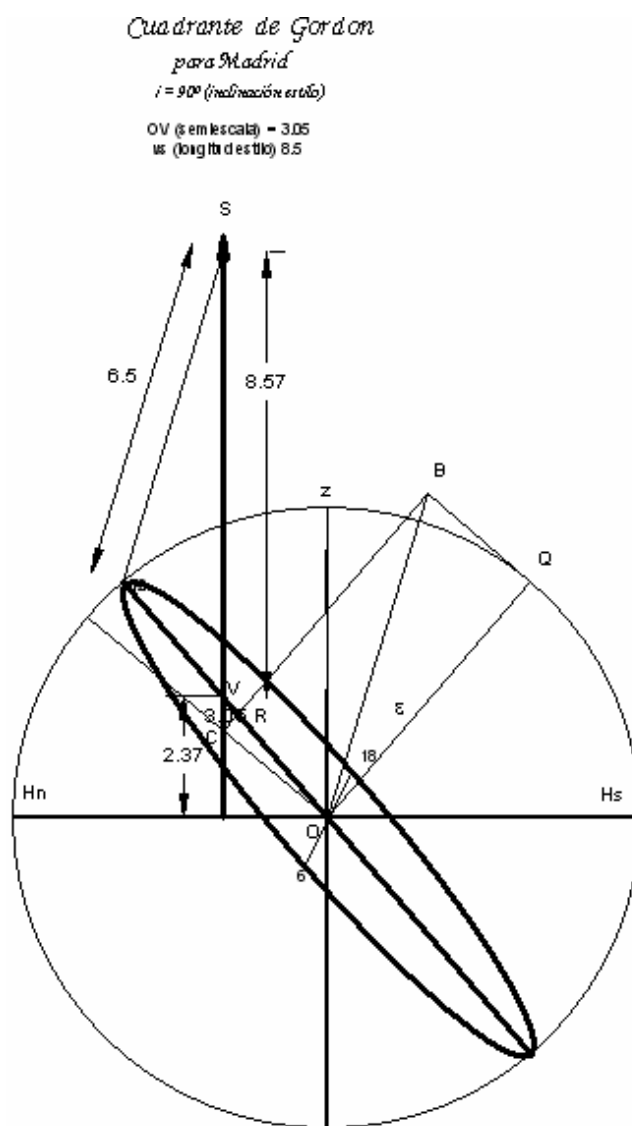
A la vista de la fotografía se observa, en la corona horaria, que aunque las horas son homogéneas y separadas cada  $15^{\circ}$  como es correcto, existen unas horas superfluas (4 h. y 20 h.) que incluso haciendo la corrección a la hora oficial, nunca llegarán a estar iluminadas por el sol.

En Greewich la hora solar mas temprana corresponde al solsticio de verano, a las 5h 37m y la mas tardía a las 18h 23m., también el solsticio de verano. Por tanto, si se aplica la hora solar media y una hora más por el ahorro energético, nunca se iluminarán dichas horas, marcadas en la esfera sobre todo las horas matinales.

Si se han marcado es de suponer que haya sido para mejorar su armonía y equilibrio estético, al guardar cierta simetría.

### ***Construcción y justificación de este modelo (Gordon) para Madrid***

En el año 2000 escribía en la Revista Analema nº 29, página 19, en un número monográfico dedicado a los relojes proyectivos, un pequeño apartado dedicado a este tipo de reloj



El dibujo está realizado con un radio de 6 cm.

Se trata de un reloj proyectivo en el que la esfera celeste sufre una previa proyección cilíndrica, de tal modo que el cilindro es tangente en el ecuador celeste (B Q).

La proyección fundamental se realiza sobre un plano que, en este caso particular, forma con la vertical OZ un ángulo igual a la latitud  $\phi$  del lugar,  $40.4^\circ$  (Madrid) y con el horizonte local una inclinación igual a la colatitud, esto es  $49.6^\circ$ .

El ángulo del plano de proyección con respecto a la vertical ( $\phi$ ) es simétrico especularmente al ecuador, confiriéndole la propiedad de que la separación de las horas es de  $15^\circ$  como en el propio ecuador; por lo que el ecuador y la proyección en el plano de proyección son homólogos cuando la dirección de proyección es la vertical OZ, perpendicular al horizonte local  $H_n - H_s$ .

Hay que justificar analíticamente estas dos cosas:

A) La semiescala del desplazamiento del estilo vertical, sobre el diámetro de la circunferencia de las horas, que en su proyección debe coincidir con la meridiana del lugar del emplazamiento.

B) La longitud del estilo, para que su sombra, el día 21 de Junio, toque a la hora de las XII.

A) La semiescala del desplazamiento del estilo vertical:

Considerando que el radio es de 6 cm. y aplicando el teorema del seno de la trigonometría plana, se puede escribir que en el triángulo OCV del dibujo:

$$OV / \sin (90 + \phi) = OC / \sin \phi$$

como OC es igual  $R \operatorname{tg} \varepsilon$ , siendo  $\varepsilon$  la declinación máxima del sol ( $23.44^\circ$ )

operando y simplificando queda:

$$OV / \cos \phi = R \operatorname{tg} \varepsilon / \sin \phi$$

$$OV = R \operatorname{tg} \varepsilon \cos \phi / \sin \phi$$

$$\mathbf{OV = R \operatorname{Tg} \varepsilon / \operatorname{Tg} \phi}$$

y como el Radio es de 6 cm,  $OV = 3.05 \text{ cm}$

Las declinaciones para la entrada en los signos del zodiaco, se calculan siendo las declinaciones del sol:

en Géminis y Leo =  $20.15^\circ$

en Tauro y Virgo  $11.46^\circ$ .

Las entradas en los signos de declinación negativa, son simétricas a los anteriormente calculados y se pueden ver en el dibujo siguiente.

B) La longitud del estilo:

Es imprescindible calcularla, puesto que no existen líneas horarias y la sombra debe tocar a las XII el día 21 de Junio .

El cálculo es similar al anterior, estableciendo que en el triángulo V XII S:

$$VS / \sin [180 - (2\phi - \varepsilon)] = R / \cos \varepsilon / \sin \phi$$

$$VS / \sin (2\phi - \varepsilon) = R / \cos \varepsilon \sin \phi$$

$$\mathbf{VS = R \operatorname{sen} (2\phi - \varepsilon) / \cos \varepsilon \cdot \operatorname{sen} \phi}$$

Si se aplica a r el valor de 6 cm,  $VS = 8.5 \text{ cm}$ .

En la circunferencia de las horas hay que calcular las horas de iluminación, teniendo en cuenta la Ecuación del Tiempo, la longitud, la hora del huso y la hora del ahorro energético

Las horas son equidistantes, homogéneas, y separadas  $15^\circ$  entre si. Están subdivididas en cuartos y medias. Las 13h y 14h llevan una división de un cuarto de hora que corresponde a la longitud Oeste de Madrid, equivalente a 15 minutos de retraso con respecto a Greenwich. La primera se debe enfrentar a la división de la ecuación del tiempo E.T., presente en la parte superior y exterior de la circunferencia centrada sobre las XII, y la segunda de igual modo pero cuando corresponde a la época veraniega se aumenta una hora mas por el ahorro de energía.

Aunque en nuestras latitudes en el solsticio de verano hay 15h de iluminación, el presente cuadrante es incapaz de ser iluminado durante todas ellas, debido a su disposición; por lo tanto es preciso conocer que horas deben incorporársele.

Por Astronomía se conoce que el arco semidiurno:

$$\cos t = -\operatorname{tg} \varepsilon \operatorname{Tg} \phi$$

Siendo t el tiempo expresado en grados,  $\varepsilon$  la declinación máxima del sol y  $\phi$  la latitud local.

Aplicando la fórmula se aprecia que el ángulo horario es de  $111.65^\circ / 15^\circ = 7.44 \text{ h} = 7 \text{ h } 26 \text{ m}$ .

Luego el orto, el 21 de Junio en Madrid, se verifica a las  $12 \text{ h} - 7.44 \text{ h} = 4 \text{ h } 33 \text{ m}$  y el ocaso a las 19h 26m (hora solar local)

Obviamente, las primeras y últimas horas no las puede recoger el plano inclinado por su cara superior; pero si por la parte inferior la que mira al Norte, si se hubiera prolongado el estilo y se hubieran inscrito las correspondientes horas.

Para averiguar las horas de iluminación de la cara superior del cuadrante se recurre a la idea del plano equivalente, queriendo indicar en que punto del globo terrestre dicho plano es horizontal.

Ese punto, intuitivamente, se puede conocer sin mucha precisión si trasladamos dicho plano paralelo hasta que toque a la circunferencia, siendo tangente a ésta en el mismo meridiano; viendo que lo hace por debajo del ecuador, siendo el ángulo igual al que hace el polo Norte con el plano, ó mas precisamente hallando la diferencia entre la latitud y la inclinación del plano  $(40.4^\circ - 49.6^\circ) = -9.2^\circ$  S.

También es posible conocer el punto de latitud donde el plano se convierte en horizontal, acudiendo a la consabida fórmula de:

$$\sin \varphi' = \sin \varphi \cos i - \cos \varphi \sin i \cos D$$

aplicando los valores de  $\varphi = 40.4^\circ$ ,  $i = 49.6^\circ$  y  $D$  (declinación Gnomónica)  $= 0^\circ$

$$\varphi' = -9.2^\circ$$

Como estamos en punto de latitud sur, se debe calcular el arco semidiurno cuando se encuentre con declinación máxima, pero negativa ( $-\epsilon$ ) con lo que la fórmula del arco semidiurno es:

$$\cos t = \operatorname{Tg} \varphi' \operatorname{Tg} \epsilon$$

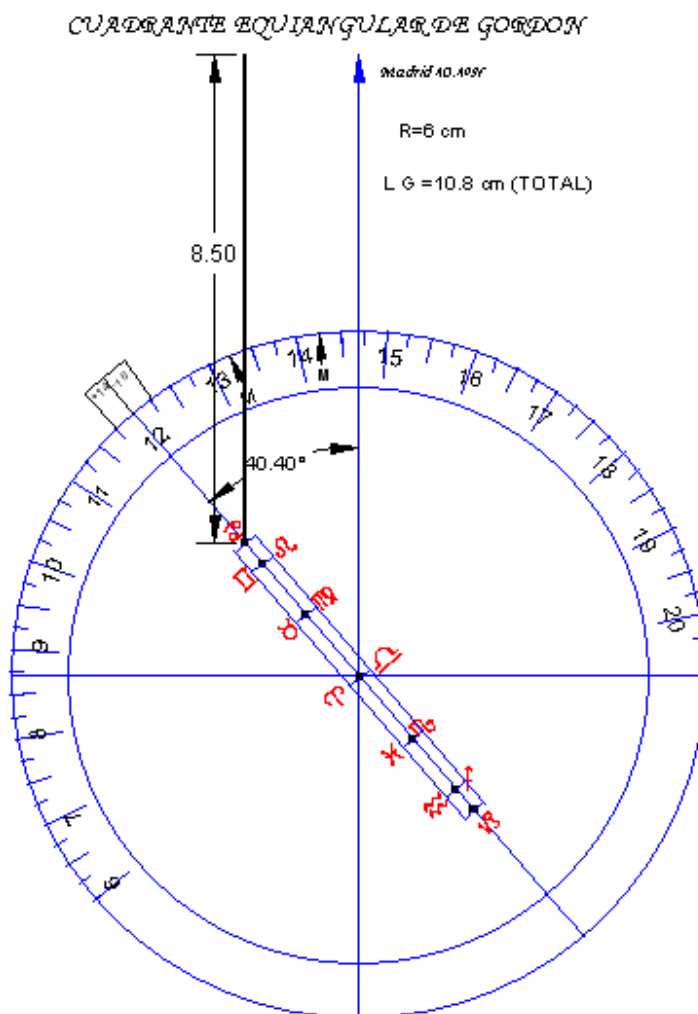
$$t = 85.9^\circ / 15^\circ = 5.73\text{h} = 5\text{h } 43\text{m}.$$

Luego:

el orto tendrá lugar a las XII – 5h 43m = 6h 17m (hora solar)

y el ocaso a las 17h 43m (hora solar)

Momentos en los que se iluminará el cuadrante, en Madrid el 21 de Junio, y dejará de iluminarse respectivamente.



En los equinoccios la iluminación máxima es de 6h a 18h y en solsticio de invierno, 22 de Diciembre, desde las 7h.27m hasta la 16 h 33m (horas de tiempo verdadero).

Esto demuestra la inutilidad de marcar sobre el cuadrante horas anteriores a las 6 de la mañana.

La gran ventaja de este cuadrante es que se puede corregir la hora local en la hora oficial muy sencillamente, al tener las horas homogéneas y separadas cada 15°.

### ***Disposición y uso***

La estructura que se muestra en la fotografía me parece adecuada, es una especie de trípode y una base sólida; añadiría unos rodillos para centrar la esfera de las horas y poderla girar con facilidad y el estilo lo prolongaría hasta la base para que pudiese deslizarse longitudinalmente por encima de la meridiana, por esa razón se da la longitud total 10.8 cm.

Una vez conseguida la estructura compacta, debemos asegurarnos de disponer de una superficie horizontal, donde va a asentarse la base del reloj, cosa que se puede obtener con un nivel de carpintero, en dos posiciones ortogonales.

Como no dispone de brújula, lo mejor es tener trazada de antemano una meridiana y aplicar los puntos Hn – Hs sobre ella, con lo se consigue la orientación adecuada.

Dispuesto de esta manera el cuadrante estará dispuesto para dar la hora verdadera, aunque lo interesante es la conversión a hora oficial.

La idea de Gordon es muy congruente porque lo calculaba para la hora del baño en época estival. Solo debía corregir la hora media (E.T.) ya que la longitud es 0 y adelantar solo una hora de ahorro de emergencia.

En España llevamos una hora de adelanto sobre el huso horario, con la misma hora de Europa Central y en la época de primavera – verano, 2 horas de adelanto.

En la confección de las horas de la corona horaria, se ha tenido en cuenta y a las 14h 15m se ha puesto una pequeña flecha M, que deberá enfrentarse con la escala de la E.T. que esta ubicada encima de las XII.

Es mucho más fácil corregir la hora, si está bien orientado y nivelado el cuadrante, cuando la sombra toque a una hora solar local la corona, se girará hasta que dicha sombra toque la hora que lleva nuestro reloj de pulsera, con lo que nos ahorramos el proceso anterior.

Finalizamos con la idea de que es un reloj original, con una proyección en la que la dirección de proyección y plano de proyección son acertados y el objetivo se cumple satisfactoriamente.

Solamente me cabe agregar que todavía existe un reloj ecuatorial en el que fue el antiguo Parque Sindical de Madrid, hoy Parque Deportivo Puerta de Hierro, situado junto a una gran piscina y de proporciones adecuadas para ser visto por los bañistas. Este reloj es bastante anterior 1957? al diseñado por Gordon (Véase Relojes de Madrid, pag 213. Autores Jacinto del Buey y Javier Martin Artajo) con la diferencia de que en este se pueden ver todas las horas de insolación veraniegas y hacer las correcciones oportunas para obtener la hora oficial

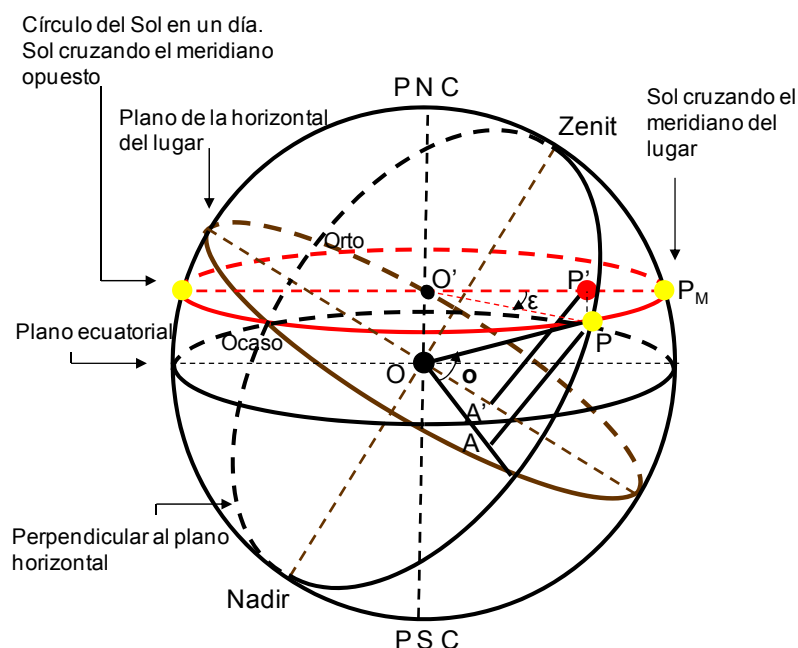
## DEDUCCIÓN DE LAS FÓRMULAS DE LA ALTURA Y DEL AZIMUT DEL SOL MEDIANTE TRIGONOMETRÍA PLANA

Por Juan Carlos García Orden y Francisco J. Polop Bas

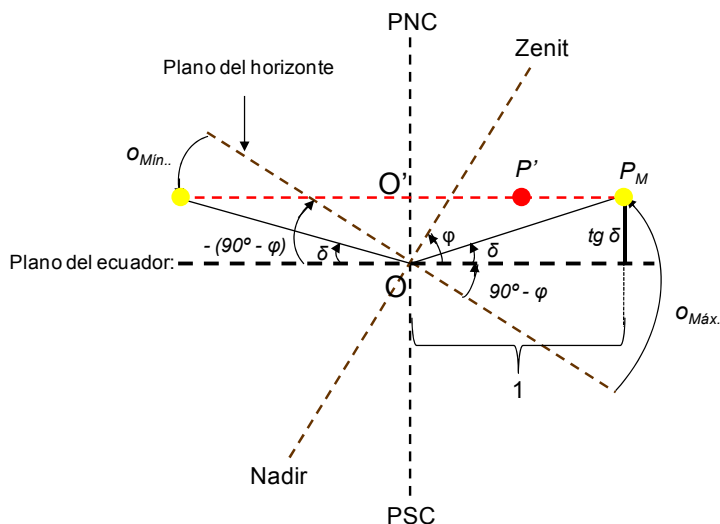
No todos los aficionados a la gnomónica están familiarizados con la trigonometría esférica y esto unido a la importancia que tienen tanto la fórmula de la altura del sol como la del azimut en muchos de los problemas gnomónicos, nos hizo deducirlas aplicando solo trigonometría plana.

A continuación nos centramos en la conocida expresión de la altura geométrica del sol en función de la latitud, declinación y el ángulo horario.

$$\text{sen } o = \cos \varepsilon \cos \varphi \cos \delta + \text{sen } \varphi \text{ sen } \delta$$



**Fig. 1.** Representación de la esfera celeste con sus polos norte y sur (*PNC* y *PSC*), círculo ecuatorial, plano del horizonte de una latitud norte, y el sol en varias posiciones de su movimiento diario paralelo al ecuador con declinación  $\delta$  positiva: cuando cruza el meridiano:  $P_M$ ; un tiempo después de cruzarlo  $P$  (con un ángulo horario  $\varepsilon$ ), y el sol en el antimeridiano. Igualmente se representa la altura del Sol  $o$  y el ángulo horario del sol  $\varepsilon$  cuando está en la posición  $P$ . El punto  $P'$  es la proyección ortogonal al plano del meridiano de  $P$ .



**Fig. 2.** Sección de la esfera celeste de la Fig. 1 que representa el plano del meridiano del lugar incluyendo los ángulos de la altura máxima y mínima del sol respecto al



horizonte.  $\varphi$  es la latitud que corresponde a ese horizonte.

Hemos dado valor 1 al radio de la circunferencia que describe el sol, por eso la distancia entre el plano del ecuador y el sol es  $\operatorname{tg} \delta$  como se indica en la Fig. 2

El punto  $P'$  (rojo) es donde se visualiza el punto  $P$  de la Fig. 1 en la proyección plana del meridiano (Fig. 2).

La altura máxima del sol sobre el horizonte cada día se produce cuando cruza el meridiano, es decir cuando el ángulo horario  $\varepsilon$  es cero, y viene dada por la expresión que se deduce de la Fig. 2:

$$o_{\max.} = 90^\circ - \varphi + \delta.$$

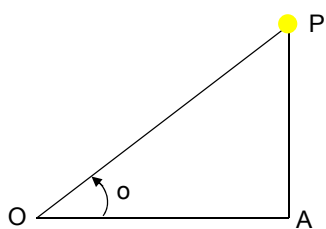
Y la altura mínima del sol (por debajo del horizonte, en el antimeridiano), será:

$$-(90^\circ - \varphi) = \delta - o_{\min}$$

$$o_{\min} = \delta - (90^\circ - \varphi)$$

Si se dispone de una tabla de declinaciones por fechas podemos saber la altura del sol cuando es mediodía solar y cuando es medianoche solar para cada latitud mediante estas expresiones.

Si queremos averiguar la fórmula que nos indique cuál es la altura del sol a cualquier hora de cualquier día, lo podemos hacer averiguando: el valor del segmento  $AP$  de la Fig. 1 (perpendicular desde el plano horizontal hasta el Sol); y el segmento  $OP$ , que sería la hipotenusa del triángulo  $POA$  (ver Fig. 3).



**Fig. 3.** Triángulo rectángulo formado por la posición del sol  $P$  en un instante cualquiera, el centro de la esfera (y plano del horizonte)  $O$  y la proyección ortogonal de la posición del sol  $P$  sobre el horizonte  $A$ .

#### Segmento $OP$ :

Este segmento tiene la misma longitud que  $OP_M$ . Siendo  $P_M$  el punto en el que el Sol cruza el meridiano. Este segmento sería la generatriz de un cono invertido que tiene como base el círculo que describe el sol ese día y como vértice el centro de la esfera celeste; por lo tanto tiene la misma longitud en todos los puntos de la órbita del Sol.

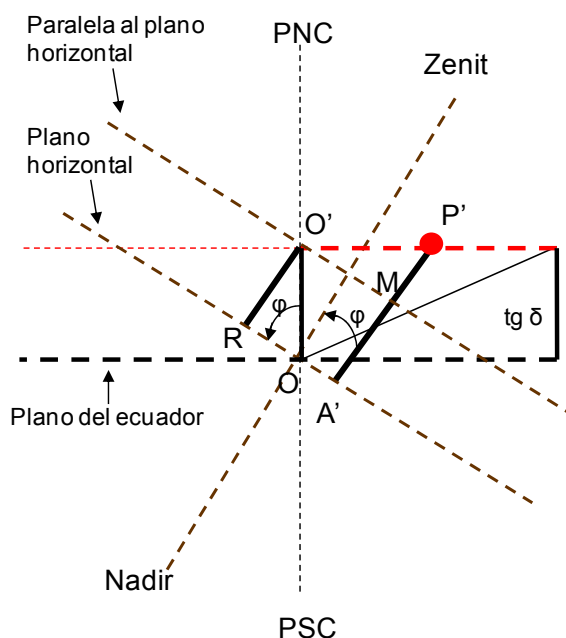
Viendo la Fig. 2 se deduce fácilmente que:  $OP_M = OP = 1 / \cos \delta$

#### Segmento $AP$ :

El segmento  $AP$  tiene la misma longitud que el segmento  $A'P'$  (Fig. 1). Esto es porque tanto  $A'$  como  $P'$  son las proyecciones ortogonales de  $A$  y  $P$  en el plano del meridiano. Así, si en la Fig. 2 quisiéramos representar  $P$ , quedaría justo sobre el papel en el punto  $P'$ . Y si representáramos  $A$  y  $A'$  en la horizontal, ambos puntos estarían igualmente superpuestos. Las perpendiculares desde la horizontal hasta los puntos  $P$  y  $P'$  desde  $A$  y desde  $P'$  respectivamente son pues equidistantes.

Como se observa en la Fig. 4, el segmento  $A'P'$  se puede representar como la suma de  $A'M$  y  $MP'$ .

A su vez,  $A'M$  llevado a la izquierda a través de dos rectas paralelas (horizonte y paralela al horizonte) es de la misma longitud que  $RO'$ .



**Fig. 4** Sección del plano del meridiano semejante a la Fig. 2 reflejando la posición del sol a una determinada hora  $P'$  y añadiendo una paralela a la horizontal que pasa por  $O'$  centro de la circunferencia del sol ese día.

Vemos que en el triángulo  $O'RO$ :

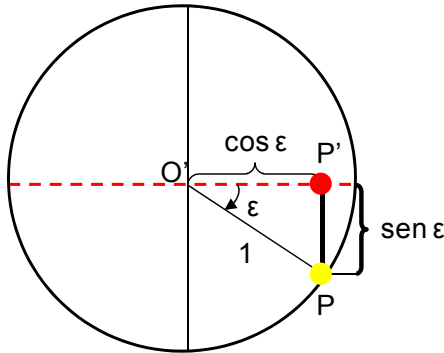
$$\text{sen } \varphi = O'R / \text{tg } \delta \quad ; \quad O'R = \text{sen } \varphi \text{ tg } \delta.$$

Luego ya sabemos lo que vale  $O'R$  que es lo mismo que  $A'M$ .

Para saber la longitud total  $A'P'$  (igual a  $AP$ ), falta el segmento superior:  $MP'$ .

Si vamos viendo cómo se van alternando latitudes y colatitudes en los distintos triángulos rectángulos que se forman en la figura anterior, vemos que en el triángulo rectángulo  $MO'P'$  se forma con centro en  $O'$ , un ángulo igual a la colatitud.

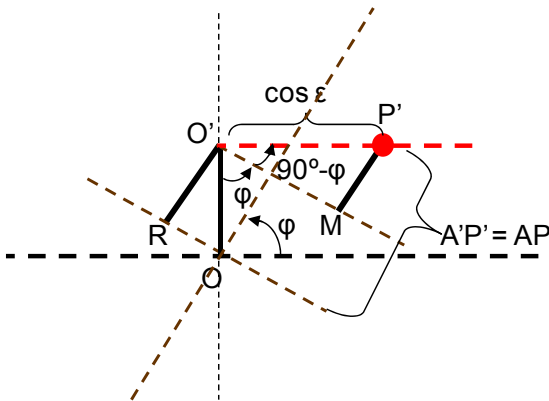
Por otra parte el segmento  $O'P'$  es  $\cos \varepsilon$ , como se ve claramente en la siguiente figura:



**Fig. 5.** Sección de la esfera celeste vista desde el PNC en la que se observa la circunferencia del día que realiza Sol con las posiciones  $P$  y  $P'$  de las figuras anteriores.

Por lo tanto se deduce (como se aprecia en la Fig. 6) que:

$$\text{sen } (90^\circ - \varphi) = MP' / \cos \varepsilon \quad ; \quad MP' = \cos \varepsilon \cos \varphi$$



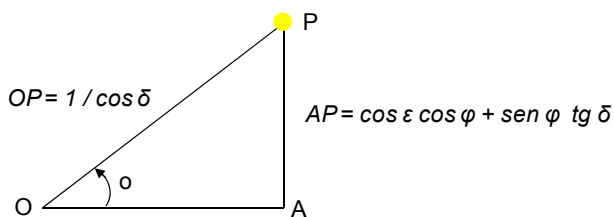
**Fig. 6.** Sección del plano del meridiano semejante a la Fig. 3 mostrando el ángulo  $MO'P'$  y el valor de  $O'P'$ .

Ya sabiendo  $A'M$  y  $MP'$  sabemos  $A'P' = A'M + MP'$  que es igual a  $AP$ :

$$AP = \cos \varepsilon \cos \varphi + \text{sen } \varphi \text{ tg } \delta$$

#### Altura del sol:

Teniendo el cateto  $AP$  y la hipotenusa  $OP$  del triángulo rectángulo  $POA$  es ya fácil obtener la expresión para la altura del sol.



**Fig. 7.** Triángulo rectángulo formado por la posición del sol  $P$  en un instante cualquiera, el centro de la esfera (y plano del horizonte)  $O$  y la proyección ortogonal de la posición del sol  $P$  sobre el horizonte  $A$ .

$$\text{sen } o = \frac{\cos \varepsilon \cos \varphi + \text{sen } \varphi \text{tg } \delta}{1/\cos \delta} = \cos \delta (\cos \varepsilon \cos \varphi + \text{sen } \varphi \text{tg } \delta)$$

$$\text{sen } o = \cos \varepsilon \cos \varphi \cos \delta + \text{sen } \varphi \text{sen } \delta$$

∞ ∞ ∞ ∞

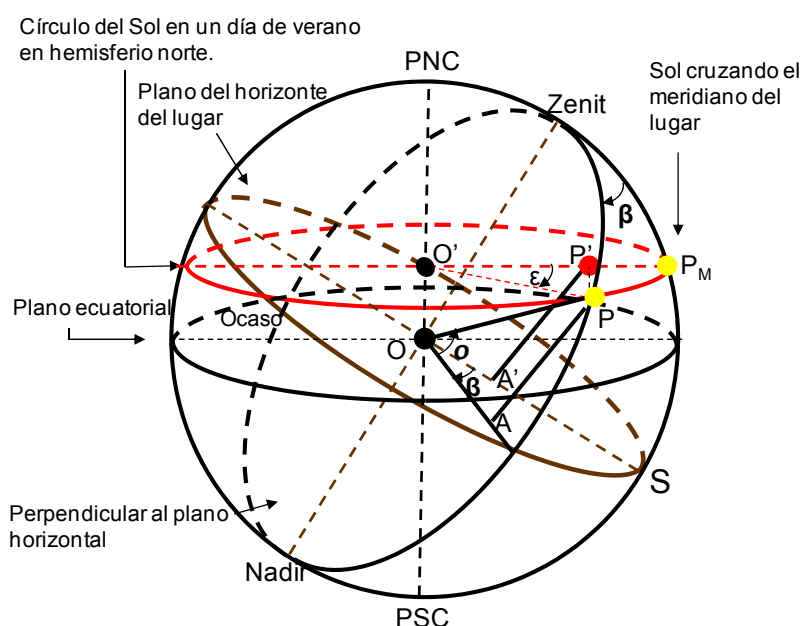
## DEDUCCIÓN DE LA FÓRMULA DEL AZIMUT

### Introducción.

En astronomía, azimut es el ángulo o longitud de arco medido sobre el horizonte que forman el punto cardinal sur y la proyección vertical del astro sobre el horizonte del observador situado en alguna latitud norte. En el hemisferio sur se mide lógicamente desde el punto cardinal norte.

Acimut o azimut es una palabra que proviene del árabe *as-sumut* (la dirección, el cenit), plural de *as-sumt*. Los árabes fueron los primeros que utilizaron las funciones trigonométricas de senos, cosenos, tangentes, ... (los antiguos solo utilizaron cuerdas de la circunferencia) y nos dieron las primeras expresiones del azimut aunque no en forma de ecuaciones, sino enunciadas como texto.

En la explicación tomamos como astro al Sol aunque se podría deducir de la misma forma para cualquier otro.



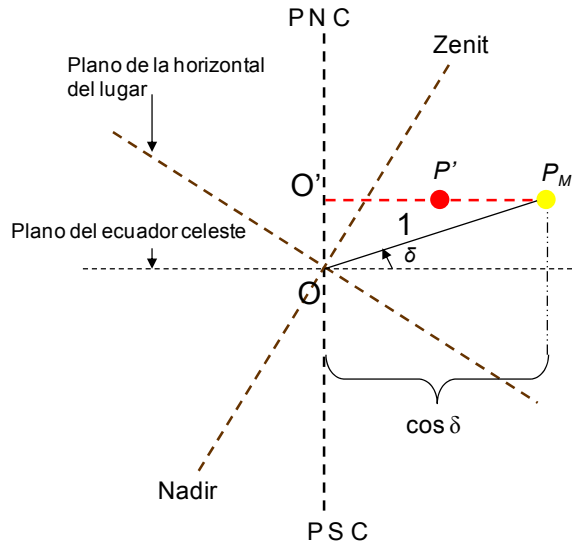
**Fig. 1.** Representación de la esfera celeste con sus polos norte y sur (PNC y PSC), círculo ecuatorial, plano del horizonte de una latitud norte, y el sol en varias posiciones de su movimiento diario paralelo al ecuador en el hemisferio boreal: cuando cruza el meridiano:  $P_M$ , y un tiempo después de cruzarlo  $P$ . Igualmente se representa el azimut del sol  $\beta$  de la posición  $P$ , y la altura del sol en este punto:  $o$ .

Como se puede ver en la Fig. 1, el azimut además de ser el ángulo en el horizonte desde la dirección Sur al punto del Sol proyectado ortogonalmente sobre la horizontal, es también el ángulo con centro en el zenit del triángulo esférico que forman dos círculos máximos: el del meridiano del lugar (donde queda el Sol al cruzar el meridiano  $P_M$  (plano del papel)) y el del círculo que pasa por el zenit, el punto  $P$  donde está el Sol a una determinada hora y el nadir. De hecho normalmente se encuentra deducida la fórmula del azimut mediante trigonometría esférica, pero en este artículo nos hemos propuesto deducirla mediante trigonometría plana en función del ángulo horario del astro  $\varepsilon$ , su declinación  $\delta$  y la latitud del lugar  $\varphi$ .

### Paso primero.

Vamos a averiguar la distancia del Sol un tiempo tras cruzar el meridiano hasta el plano del meridiano del lugar, o sea la distancia  $PP'$ .

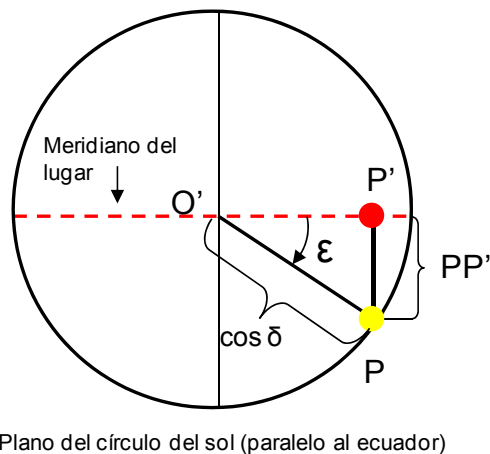
Consideramos unitario el radio de la esfera celeste, por lo tanto la distancia del Sol al centro de la esfera  $O$  siempre va a medir 1.



**Fig. 2.** Sección de la esfera celeste mostrando el plano del meridiano con la “altura” del Sol respecto al ecuador celeste (declinación del Sol  $\delta$ ).

Vemos que se define un triángulo rectángulo entre el centro de la esfera  $O$ , la posición del sol cuando cruza el meridiano  $P_M$ , y su proyección ortogonal sobre el ecuador en el que  $P_M$  tiene una distancia angular respecto al ecuador que es la declinación. En este triángulo la hipotenusa vale 1 por lo que el cateto sobre el ecuador es  $\cos \delta$ . Pero esto no ocurre solo cuando el sol cruza el meridiano, sino que en todo el círculo diario que describe el Sol (paralelo al ecuador), su distancia al centro de la esfera es el radio de la esfera o sea 1, y por lo tanto a cualquier hora el punto de su proyección sobre el ecuador hasta el centro de la esfera siempre medirá  $\cos \delta$ .

Si ahora dibujamos una vista superior desde el PNC de la sección de la esfera celeste donde tiene la órbita el Sol podemos deducir fácilmente la distancia de  $PP'$ .



**Fig. 3.** Vista desde el PNC de la posición del Sol  $P$  tras un ángulo horario  $\epsilon$  después del mediodía solar y su distancia hasta  $P'$ .

Se observa que:

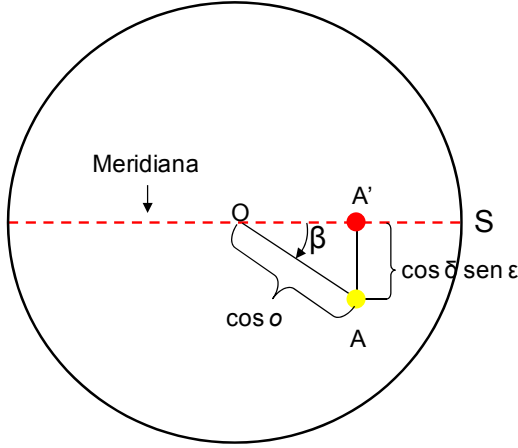
$$\text{sen } \epsilon = PP' / \cos \delta \quad ; \quad PP' = \text{sen } \epsilon \cos \delta$$

Los puntos  $A$  y  $A'$  de la Fig. 1 resultan de las proyecciones ortogonales sobre el plano horizontal de los puntos  $P$  y  $P'$  respectivamente, por lo tanto sus proyecciones son paralelas entre sí siempre espaciadas la misma distancia hasta llegar al plano horizontal. Por lo tanto la distancia  $PP'$  es la misma que  $AA'$ .

### Segundo Paso.

El ángulo que forman los puntos  $POA$  (con centro en  $O$ ) es la altura del Sol sobre el horizonte:  $o$ . Sabiendo que estos puntos forman un triángulo rectángulo y que el segmento  $OP$  vale 1, porque es el radio de la esfera, es claro que  $AO = \cos o$ .

Sabemos pues lo que miden los segmentos  $AA'$  (paso anterior) y  $AO$ , es fácil deducir la expresión del azimut.



**Fig. 4.** Sección de la esfera celeste vista desde el Zenit mostrando el plano horizontal

Viendo la figura se ve deduce que:

$$\text{sen } \beta = \frac{\cos \delta \text{ sen } \varepsilon}{\cos o} \quad (1)$$

que es la expresión del azimut en función de la altura, el ángulo horario y la declinación de un astro.

Si queremos expresar el azimut sin utilizar la altura del sol, utilizamos la conocida expresión de la altura del sol en función del ángulo horario, declinación y latitud:

$$\text{sen } o = \cos \varepsilon \cos \varphi \cos \delta + \text{sen } \varphi \text{ sen } \delta; \quad (2)$$

Sabiendo que  $\text{sen}^2 o + \cos^2 o = 1$ , se puede despejar el coseno e incluirlo en la expresión del seno del azimut:

$$\cos^2 o = 1 - (\cos \varepsilon \cos \varphi \cos \delta + \text{sen } \varphi \text{ sen } \delta)^2$$

$$\cos o = \sqrt{1 - (\cos \varepsilon \cos \varphi \cos \delta + \text{sen } \varphi \text{ sen } \delta)^2}$$

Y sustituyendo el coseno de la altura en (1) obtenemos la fórmula del azimut:

$$\text{sen } \beta = \frac{\text{sen } \varepsilon \cos \delta}{\sqrt{1 - (\cos \varepsilon \cos \varphi \cos \delta + \text{sen } \varphi \text{ sen } \delta)^2}} \quad (3)$$

Calculando el arcoseno del azimut del sol averiguamos el ángulo  $\beta$  que medido desde la parte norte de la meridiana que pasa por base del estilo vertical de un reloj de sol horizontal nos dará el ángulo de la sombra para cada hora en cada declinación (fecha) en una determinada latitud. (Fig. 6).

### Otras expresiones.

Podemos deducir otras expresiones de  $\beta$  a partir de la anterior fórmula. Podemos obtener la expresión de la tangente del azimut.

Partiendo de que:

$$\text{tg } \beta = \frac{\text{sen}^2 \beta}{\cos^2 \beta} = \frac{\text{sen}^2 \beta}{1 - \text{sen}^2 \beta}$$

Sustituimos el valor de  $\text{sen } \beta$  de la fórmula que ya conocemos (3) en la expresión anterior pero dejando el paréntesis de dentro de la raíz cuadrada vacío para simplificar la redacción, y nos queda:

$$\text{tg}^2 \beta = \frac{\frac{\text{sen}^2 \varepsilon \cos^2 \delta}{1 - (\quad)^2}}{1 - \frac{\text{sen}^2 \varepsilon \cos^2 \delta}{1 - (\quad)^2}} = \frac{\text{sen}^2 \varepsilon \cos^2 \delta}{1 - (\quad)^2 - \text{sen}^2 \varepsilon \cos^2 \delta} = \frac{\text{sen}^2 \varepsilon}{\frac{1 - (\quad)^2}{\cos^2 \delta} - \text{sen}^2 \varepsilon}$$

Ahora vamos a estudiar solo el denominador y el paréntesis lo llenaremos con su contenido en el momento que interese:

$$\begin{aligned} \frac{1 - (\quad)^2}{\cos^2 \delta} - \text{sen}^2 \varepsilon &= \frac{1}{\cos^2 \delta} - \frac{(\quad)^2}{\cos^2 \delta} - \text{sen}^2 \varepsilon = \\ &= \frac{1}{\cos^2 \delta} - \frac{(\cos \varepsilon \cos \varphi \cos \delta + \text{sen } \varphi \text{sen } \delta)^2}{\cos^2 \delta} - \text{sen}^2 \varepsilon \end{aligned}$$

Teniendo en cuenta que:  $1/\cos^2 \delta = 1 + \text{tg}^2 \delta$ , la expresión anterior resulta en:

$$\begin{aligned} 1 + \text{tg}^2 \delta - (\cos \varepsilon \cos \varphi + \text{sen } \varphi \text{tg } \delta)^2 - \text{sen}^2 \varepsilon &= \\ 1 + \text{tg}^2 \delta - \cos^2 \varepsilon \cos^2 \varphi - \text{sen}^2 \varphi \text{tg}^2 \delta - 2 \cos \varepsilon \cos \varphi \text{sen } \varphi \text{tg } \delta - \text{sen}^2 \varepsilon \end{aligned}$$

Dado que:  $1 - \text{sen}^2 \varepsilon = \cos^2 \varepsilon$ , la expresión anterior pasa a ser:

$$\text{tg}^2 \delta + \cos^2 \varepsilon - \cos^2 \varepsilon \cos^2 \varphi - \text{sen}^2 \varphi \text{tg}^2 \delta - 2 \cos \varepsilon \cos \varphi \text{sen } \varphi \text{tg } \delta$$

Podemos reducir la expresión anterior en base a que la suma de seno al cuadrado y coseno al cuadrado de un ángulo es 1. Lo aplicamos al segundo y tercer término de la expresión anterior; y al primero y cuarto.

$$\text{tg}^2 \delta \cos^2 \varphi + \cos^2 \varepsilon \text{sen}^2 \varphi - 2 \cos \varepsilon \text{sen } \varphi \cos \varphi \text{tg } \delta$$

Que es claramente igual al siguiente cuadrado:

$$(\cos \varepsilon \text{sen } \varphi - \cos \varphi \text{tg } \delta)^2$$

Entonces podemos poner esta expresión como denominador en la expresión de la tangente del azimut y nos queda:

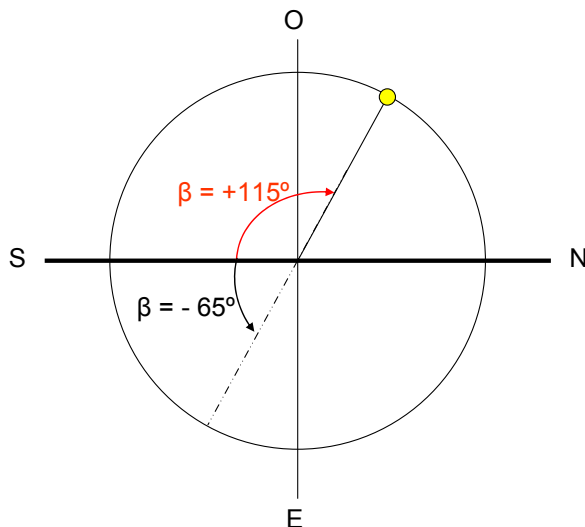
$$\text{tg}^2 \beta = \frac{\text{sen}^2 \varepsilon}{(\cos \varepsilon \text{sen } \varphi - \cos \varphi \text{tg } \delta)^2}$$

Y por lo tanto:

$$\text{tg } \beta = \frac{\text{sen } \varepsilon}{\cos \varepsilon \text{sen } \varphi - \cos \varphi \text{tg } \delta}$$

#### Uso de la fórmula de la tangente del azimut.

1.- Si utilizamos una calculadora o introducimos en una hoja de cálculo la función normal que existe para calcular el arcotangente (ATAN), los valores que obtenemos van de  $-90^\circ$  a  $+90^\circ$ .

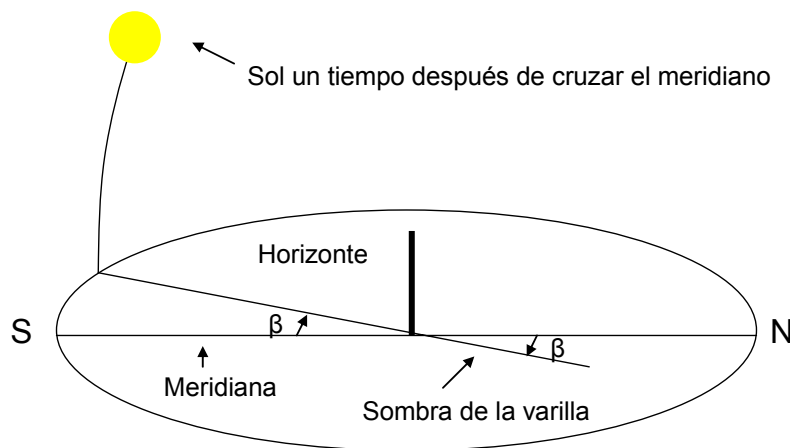


**Fig. 5** Ejemplo gráfico de un azimuth real de  $115^\circ$  y el que se obtendría mediante una calculadora o con la función ATAN en Excel:  $-65^\circ$ .

Con esta simplificación no sabemos realmente donde está el sol. Para averiguar el valor de azimuth que señala exactamente el cuadrante donde está el Sol (valor de azimuth entre  $0^\circ$  y  $360^\circ$ ), se debe utilizar la función ATAN2 de las hojas de cálculo, así conseguimos el rango entre  $-180^\circ$  a  $180^\circ$ , y si cuando el valor es negativo se suma  $360^\circ$  se obtiene el rango de  $0^\circ$  a  $360^\circ$ .

2.- En campos como la navegación o cartografía se mide el azimuth del Sol desde Norte, pero siempre medido en sentido horario (Norte:  $0^\circ$ , Este ( $90^\circ$ ), Sur ( $180^\circ$ ),...) , por lo que hay que restar  $180^\circ$  para obtener el que se mide desde el Sur. Un azimuth del Sol de  $42^\circ$  desde el Sur equivale a un azimuth de  $222^\circ$  desde el Norte.

3.- En el caso de los relojes solares para saber la dirección de la sombra de una varilla vertical en un reloj de sol horizontal, el valor de azimuth que interesa es el astronómico, es decir el medido desde el sur, puesto que este azimuth es el mismo ángulo que formará la sombra de la varilla pero respecto del norte de la meridiana.



**Fig. 6.** El Acimut (astronómico) del Sol es el mismo ángulo que la sombra del estilo sobre la horizontal tiene desde el Norte.

∞ ∞ ∞ ∞



En el recuadro inferior vemos repetido el motivo utilizado en el reloj de la fuente del la casa del barrio Orue de Amurrio: dos pollitos en el comedero. En el recuadro superior lleva grabado en hueco el nombre del pueblo, donde anteriormente lucía un nombre de mujer labrado en relieve.

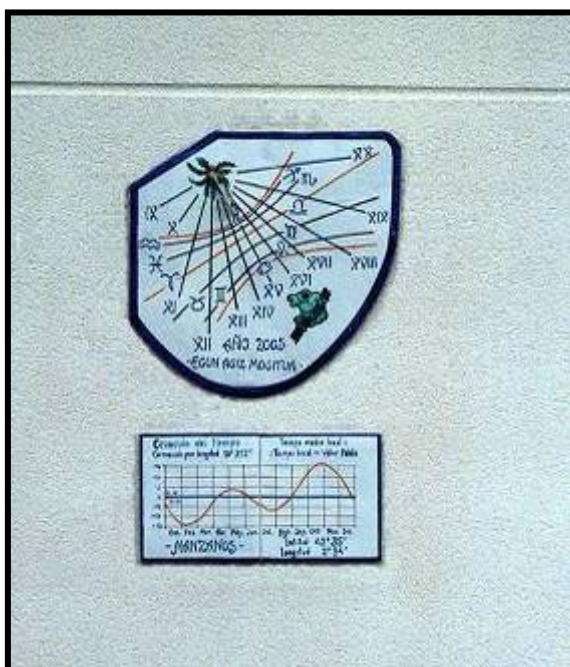
Localidad: **LOUIANDO**  
 Situación: barrio Padura nº 1  
 Material: piedra  
 Tipo: MP  
 Autor: Julen Egia  
 Año: 1999



Si en el reloj depositado en la Biblioteca Pública de Amurrio se utilizó una laja de un río, en Louiando se ha grabado en una piedra plana de la tapia del jardín de la casa. Está sin instalar, tumbado sobre la tapia. Manchas blancas y verdes de liquen sobre el gris de la piedra caliza.

Traza radial. Horas en números romanos de VII de la mañana a V de la tarde. Varilla de acero inoxidable, terminada en punta como el en el reloj de San Pedro de Lamuza de Llodio.

El propietario tiene intención de colocarlo en el jardín sobre una viga de roble.



Localidad: **MANZANOS**  
 Situación: casa particular.  
 Material: cerámica  
 Leyenda: “Egun agiz mogitua”  
 Tipo: VDP  
 Autor: J. I. Domínguez  
 Fecha: 2005

Reloj radial de líneas horarias de distinta longitud, declinante a poniente, horas en números romanos de IX a XX, calendario, los solsticios y equinoccios diferenciados por el color, signos del zodiaco, leyenda y gráfica de la ecuación del tiempo.

El reloj mide el tiempo verdadero. Si queremos que indique el tiempo medio, además de la corrección del huso (10 min 41 seg para Vitoria), debemos sumarle o restarle los minutos y segundos que el sol adelanta o retrasa en ese día, indicados en la gráfica de la ecuación del tiempo que vemos dibujada en la parte inferior.



Localidad: **OCILLA**  
 Situación: casa particular  
 Material: cemento y pintura  
 Tipo: MP

Aprovechando las labores de restauración de la fachada de la casa, a alguien se le ocurrió poner de paso un reloj de sol.

Reloj circular con corona exterior para escribir las horas. Los dos círculos se trazaron sobre el cemento fresco.

Carece de líneas horarias. La meridiana está desviada hacia la izquierda. Trazado con la ayuda de un reloj mecánico. Teniendo en cuenta la situación de los números en la corona circular los sectores parecen iguales. Marca 13 horas, de 8 de la mañana a 8 de la tarde. La varilla es un tubo hueco que termina en un casquillo de latón y porcelana, que en algún tiempo albergó una bombilla.



Localidad: **OION**  
 Situación: plaza Mayor nº 4, caserón de mediados del XVIII.  
 Material: Reloj 1. Grabado  
 Reloj 2. Fondo de una antigua fregadera de piedra  
 Tipo: Reloj 1. Radial en junta de sillar. Doce trazas  
 Reloj 2. Radial  
 Autor: Luís Palacios Cabredo  
 Fecha: Reloj 1. ca. 1970  
 Reloj 2. ca. 1980

**Reloj 1.** Reloj de sol compuesto de 12 trazas, una para cada mes del año, grabado a lo largo de la fachada, bajo la imposta de la primera planta.

Bajo el reloj circular orientado, todavía podemos contemplar la única traza que se grabó de las doce del conjunto. Es radial en junta de sillar, de once líneas. Meridiana desviada.

Las líneas horarias y de las medias tienen distinta longitud, de tal manera que la traza invade tres sillares consecutivos. Está numerado de XI de la

#### Oyón. Situación de los relojes.

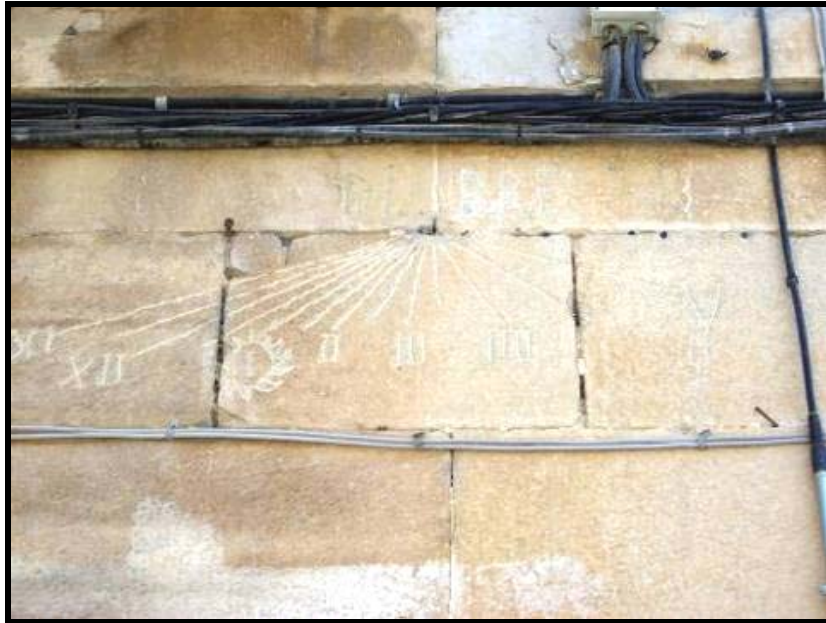
mañana a V de la tarde, en romanos. En 1985 todavía conservaba una varilla de hierro perpendicular a la pared. En el extremo de la línea de la una lleva grabado un sol radiante señalando el mediodía, motivo repetido en la línea de las doce del reloj orientado que está encima. Fue precisamente este detalle el que nos dio la clave para clasificar cronológicamente el reloj.

Sobre la traza se lee en mayúsculas una inscripción: DI BRE, abreviatura del mes de diciembre. El reloj fue grabado por el propietario de la casa, Luís Palacios, en fechas cercanas al solsticio de invierno, ayudándose de un reloj mecánico.

No es el único reloj de sol recogido en este Apéndice dibujado utilizando este método. Se han construido de la misma manera el reloj de la casa de la calle del Olmo nº 9 de Labastida, el de Ocilla, y



los dos que pacientemente ha dibujado Pedro Ocio en la fachada de su propia casa en Rivabellosa. Probablemente se han dibujado así, es decir, ayudándose de un reloj mecánico o de un cuadrante solar portátil, la mayoría los relojes de meridiana desviada.



**Reloj 1. Radial en junta de sillar, de meridiana desviada.**



**Marzo. Varilla e inscripción del mes de marzo.**



**Sucesión de cinco varillas bajo la sombra de la balconada.**

El reloj descrito es lo que queda de un conjunto de doce trazas de meridiana desviada que se quisieron grabar mes a mes, comenzando por diciembre, bajo la imposta y la balconada de la primera planta. El correspondiente al mes de marzo todavía conserva la varilla y la inscripción.

La fotografía en la que aparecen las cinco varillas bajo la balconada nos da la clave del abandono del singular proyecto del reloj de las doce trazas. Al llegar febrero (todavía puede verse la sílaba RO) el propietario de la casa cayó en la cuenta de que todos los relojes situados bajo la repisa de la balconada quedaban en sombra. Obsérvense en la página anterior todas las varillas a la sombra y la parte izquierda de la fotografía iluminada por el sol.



**Reloj 2. El reloj de Esther, Cristina y Luisín.**

**Reloj 2.** Si nos fijamos de la traza de meridiana desviada y del reloj colocado encima, la pared declina unos  $35^\circ$  a poniente. Este segundo reloj, grabado en una losa circular de borde irregular girada para orientarla al sur, tiene varilla perpendicular de donde parten las líneas horarias de las tres horas centrales del día; a derecha e izquierda hay otras tres líneas menos marcadas que no convergen en el polo como las anteriores.

En el plano del reloj se leen tres nombres: Esther, Cristina y Luisín, esposa y nietos de Luís Palacios. Completa el conjunto una pequeña placa de mármol blanco con la siguiente leyenda en latín: FERIUNT OMNES ULTIMA NECAT (Todas hieren, la última mata).

El reloj 2 viene a ser un mal resumen del abandonado proyecto anterior. La irregularidad de la losa es consecuencia de la eliminación del borde de una antigua fregadera circular de piedra. El aliviadero por donde desagaba dicha fregadera, también de piedra, puede verse todavía en la fachada trasera del caserón.

El reloj de las doce varillas está recogido en la página WEB *Relojes de sol de la región de Murcia* de A. Cañones.



Localidad: **OION**

Situación: c/ Primicias.

Material: placa de caliza, 100x80 cm, grabado al ácido y pintado

Tipo: VDP  $63^\circ$

Autor: taller RA

Verónica Montero

Felipe Miguel

Fecha: ANNO MMII

Excelente cuadrante solar obra del taller RA, construido en la localidad navarra de Arbeiza. El logotipo del taller se encuentra pintado en la esquina inferior derecha de la placa y no es visible desde el suelo.

En la esquina opuesta figuran los datos que nos dan a conocer la latitud y la declinación para las que está calculado el reloj:  $42^\circ 30'$  de latitud norte y  $63^\circ$  de

declinación a poniente.



Traza en cuarto de círculo inscrita en un cuadrado, horas escritas en números romanos de XII de la mañana a IX de la tarde en la correspondiente banda, líneas cortas que señalan las medias y original gnomon de chapa.

Adornado alrededor con una greca de racimos, pámpanos y zarcillos de colores que recuerdan el tiempo de vendimia. Remata todo el conjunto un lauburu en el interior de un círculo entre dos iniciales que son nombres, y la inscripción de la fecha en la parte inferior: ANNO MMII.

*“Todo vale a la hora de experimentar nuevas formas y técnicas en la construcción de un reloj, esta variedad es lo que nos da alegría para trabajar”* señala Verónica. En este cuadrante han utilizado la técnica de grabado al ácido, experimentada anteriormente en piezas de tamaño menor.

La primera operación para grabar al ácido consiste en barnizar toda la placa con un barniz especial para proteger la superficie de la piedra caliza de la acción corrosiva del ácido. A continuación, se traslada el dibujo a la placa mediante calca con un papel transparente y se raspa la superficie de las zonas dibujadas con el objeto de eliminar el barniz. Por último, se sumerge en un recipiente apropiado que contiene ácido clorhídrico rebajado.



**Boceto de la greca: letra, racimo, zarcillos y pámpano.**

El ácido ataca la piedra en aquellos lugares desprotegidos donde se ha eliminado el barniz. La profundidad del grabado dependerá del tiempo que actúe el mordiente en la piedra y de la concentración del ácido.

En la fotografía podemos ver un detalle de la greca del boceto del reloj dibujado a lápiz que se utilizó en el grabado al ácido, a tamaño real sobre papel.





Localidad: **OKONDO**  
 Situación: barrio Andiola  
 Material: piedra  
 Tipo: MP  
 Autor: Julen Egia  
 Año: 1997

Labrado en la cara plana de una losa de piedra de borde irregular que se encontraba en la misma finca y asentado sobre una repisa apeada en dos pequeños pilares.

La banda de las horas, rebajada, recorre el borde irregular de la piedra. Numeración romana de VI de la mañana a VI de la tarde.

Luce una corona grabada en la zona derecha del plano solar. Las dos líneas de las seis están por debajo de la horizontal que pasa por el origen del gnomon.



Las líneas de las horas arrancan de un semicírculo grabado alrededor del orificio de la varilla, construida en acero y con un pequeño tramo de apoyo.

Localidad: **ONDATEGI**  
 Situación: sobre una pilastra en la parte trasera del frontón.  
 Material: cerámica.  
 Tipo: VMO  
 Autor: Manuel Pastor.  
 Fecha: 1952

Está colocado sobre un pilar de sillería junto a la carretera de Gopegi a Ondategi que discurre paralela al costado sur del frontón. La peana de cemento que soporta el cubo donde se encuentra el reloj está girada para orientarlo al mediodía. Mal conservado: craquelado, desconchados en el vidriado y roturas en bordes y superficie de los azulejos.

J. I. Domínguez lo describe con detalle en el artículo titulado Relojes de sol en Zigoitia, publicado en El Correo, el 25 de septiembre de 2006:





**Reloj de sol de la desaparecida Fundación Escudero, en el barrio de abajo del pueblo de Ondategi.**

“En el barrio de abajo existe un reloj, en la zona de lo que fue la fundación Escudero. Es de cerámica. Colocado en un obelisco. Está perfectamente orientado, en el exterior del frontón. Este reloj estuvo en el interior, formando parte de un conjunto de azulejos que constituían un grupo con varias alusiones. Entre ese conjunto había una imagen de la Virgen. Del conjunto de azulejos sólo queda el que recuerda la Fundación Escudero, con fecha de 1952.

Suponemos que al cubrir el frontón, alguien tuvo la feliz idea de recuperar el reloj. Muestra deterioro en el plano solar por golpes de pelotazos, que han hecho saltar el vidriado del azulejo. Carece de estilo, que tiene su centro en un sol. Sobre la parte inferior del plano horario una frase escrita: “Las horas se olvidan con los amigos”. Está decorado con orlas. Las horas, en números arábigos, están alrededor de una especie de escudo. Es un bonito ejemplar en el que predomina el azul y el amarillo. Puede ser de 1952.”



**Ondategi. Cuadrante solar del gnomonista-ceramista Manuel Pastor.**

Traza vertical meridional, dibujada en un conjunto de cuatro azulejos vidriados, con líneas de medias horas y banda exterior donde van escritas en números arábigos las horas, de 7 de la mañana a 5 de la tarde. Franja en la zona inferior reservada para escribir la leyenda: “Las horas se olvidan con los amigos”. Decoración vegetal simétrica en los dos espacios libres entre la banda reservada para la leyenda y el plano del reloj.

La gnomon, formada por una chapa triangular sujeta a la cara superior del cubo, se desprendió hace años deteriorada por el óxido. Los niños de Ondategi que asistían a la escuela de la fundación todavía la recuerdan, porque pasaban cuatro veces al día por delante del reloj.

Está firmado por Manuel Pastor. El nombre puede leerse en la esquina inferior derecha. En la página de la Societat Catalana de Gnomónica pueden verse cuatro relojes diseñados por el mismo autor. Sabemos por A. Cañones que también hay relojes de este gnomonista-ceramista en Benalmádena, Guadalix de la Sierra (Madrid) y en Torrevieja, todos ellos contruidos en cerámica vidriada.

En el interior del frontón, a la derecha del frontis, se conserva un rótulo con el nombre de la Fundación y la fecha de construcción del conjunto de edificios (1952) y una imagen de santa Águeda con la leyenda “*Santa Agueda (Museo del Prado Madrid) patrona de los mozos cigoitianos ora pro nobis*”. Los dos murales, rótulo e imagen, están compuestos por azulejos procedentes de la misma fábrica donde se hizo el reloj.

Localidad: **PUNTELARRÁ**

Situación: calle Gobeia nº 19

Material: piedra arenisca

Tipo: H

Autor: J. L. Apaolaza, Julen Azkona

Fecha: 2004



Este decorativo reloj de sol se encuentra situado en el jardín de un chalé de la calle Gobeia de la nueva urbanización de Puentelarrá. Está construido con tres bloques de piedra arenisca: la base, un pie de forma casi cúbica y la placa de forma trapezoidal en la que va labrado el cuadrante solar. En la cara sur del pie lleva grabado un lauburu dentro de un círculo y en la de la placa la fecha de construcción: 2004.





Es obra del cantero Julen Azkona, natural de Albéniz, y reproduce con exactitud la traza del reloj horizontal de José L. Apaolaza colocado en la “campa de los catorce árboles” (véase ALBENIZ ALBEIZ).

Dos diferencias: la gráfica de la Ecuación del tiempo está fuera del plano del reloj y las iniciales de los meses están en euskara.

*Urtarrila, otsailla, martxoa, apirila, maiatza, ekaina, uztaila, abuztua, iraila, urria, azaroa, abendua.*



Localidad: **RIVABELLOSA**

Situación: c/ Cuadrilla de Añana nº 1

Material: varilla de aluminio y pintura

Tipo: VDP y VDL.

Autor: Pedro Ocio Murga

Fecha: comenzó a trazarlo hace unos ocho años

Pareja de relojes de tiempo medio que está dibujando Pedro M<sup>a</sup> Ocio en la pared de su casa. En el alero del tejado vemos colgar pendientes de un hilo las dos bolas de hierro que hacen de gnomon marcando las horas y que han servido, al mismo tiempo, para trazar los relojes en la pared mediante pequeñas marcas hechas a lápiz.



**Lemniscata dibujada por A. Cañones sobre la línea de las once.**

Comenzó la labor en el solsticio de invierno y fue trazando de mes en mes las rayitas de las horas hasta el solsticio de verano, pintando en el lugar de la hora un círculo de color marrón, más claro en el punto de las doce.

El reloj declinante a levante marca de ocho de la mañana a una de la tarde y el declinante a poniente de doce de la mañana a seis de la tarde. Uniendo los círculos que señalan una misma hora, se advierte que sólo está trazada la mitad de la lemniscata. La mitad ascendente de las curvas está ya señalada a lápiz en el reloj declinante a poniente, incluso podemos ver en la foto unos pequeños círculos que señalan la intersección con la segunda línea de fecha.

La lemniscata completa que ha dibujado A. Cañones sobre las once nos da una idea clara de como quedarán los relojes una vez terminados.



Localidad: **RIVABELLOSA**

Situación: c/ Cuadrilla de Añana.

Material: pintado

Tipo: MP

La pared declina fuertemente al oeste. De ángulos iguales y simétrico. El modelo es copia del reloj de Berantevilla que puede verse más arriba.

Localidad: **SARRIA**

Situación: casa junto a la iglesia

Material: placa de caliza

Tipo: MP

Autor: Julen Egia

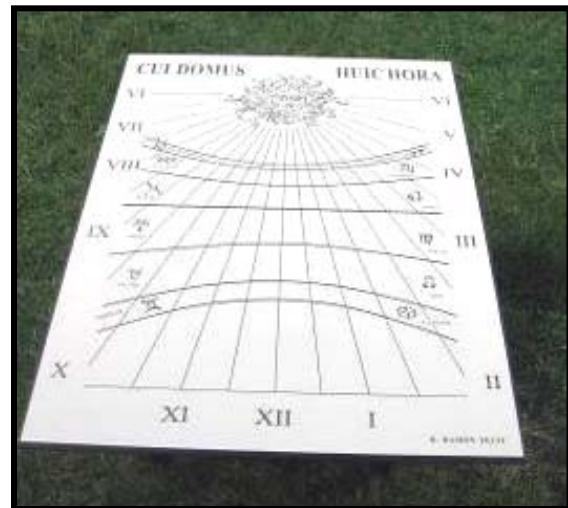
Año: 1999



Cuadrante vertical orientado, situado en una esquina de la casa de Ortiz de Zarate. En el plano solar porta el escudo del propietario de la casa, decoración habitual en los relojes de Julen Egia. Horas en números romanos de VI de la mañana a VI de la tarde. Decorando la parte superior se han grabado dos lauburu, la fecha y el apellido correspondiente al blasón.

Localidad: **SAN MILLÁN DE SAN ZADORNIL** (Burgos)  
 Situación: jardín de una casa particular  
 Material: cerámica  
 Leyenda: CUI DOMUS HUIC HORA  
 Tipo: VM  
 Autor: R. Ramón  
 Fecha: 2006

Reloj de sol vertical a mediodía, todavía sin colocar, con líneas de medias horas, calendario y signos del zodiaco, calculado para la latitud de San Millán de San Zadornil, por R. Ramón, profesor que fue de la UPV.



Localidad: **TERTANGA**  
 Situación: barrio de Arriba nº 6  
 Material: piedra  
 Tipo: MP  
 Leyenda: "Habla con la sombra"  
 Autor: Julen Egia  
 Año: 2000

Fotografiado en la fuente del jardín. Todavía está sin instalar en la fachada de la casa. Horas de VIII a V en números romanos.





Localidad: **UZQUIANO**

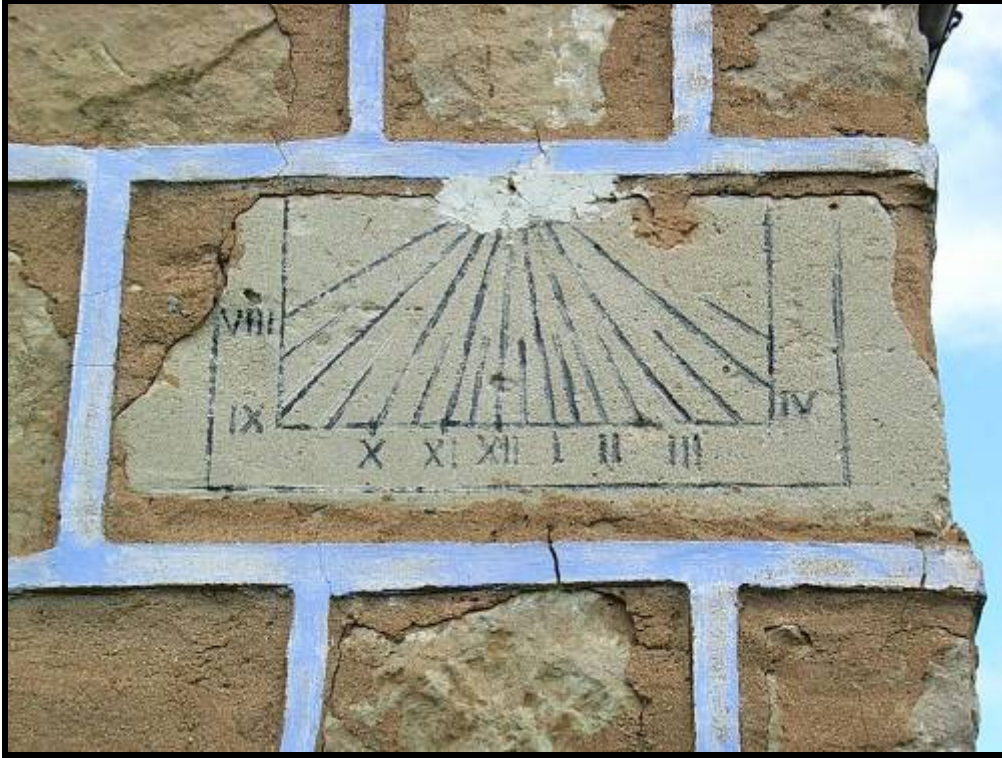
Situación: esquina este de la antigua escuela del pueblo

Material: cemento y pintura

Tipo: VDL

Autor:

Fecha:



Rectangular horizontal, declina a poniente, grabado y pintado en negro, líneas de medias horas, y numeración romana de VIII de la mañana a IV de la tarde.

El reloj lo colocó Luís S. Garamendi Pérez, uno de los autores del libro *Etnografía del Enclave de Treviño*.



Localidad:

**VÍLLODAS BILLODA**

Situación: costado sur de la espadaña de la iglesia

Material: placa de piedra

Tipo: VMO

Autor: J. I. Domínguez

Fecha: 2006

Recuerda el reloj de la iglesia de Apellániz de principios del XIX. Varilla de dos apoyos ligeramente desviada. Tallado por José A. González Salazar. Los nombres están grabados en los lados de la placa.



## VITORIA-GASTEIZ Salvador Azpiazu Tolosana C D

El padre Salvador construyó dos cuadrantes solares en Vitoria. Uno de ellos, declinante a levante, ubicado en la fachada de un chalé de la Ciudad Jardín, y otro que hasta no hace muchos años se encontraba sobre la puerta de salida a la huerta en el Convento de Carmen.

Salvador Azpiazu Tolosana nació en Vitoria en 1913. En 1927, después de aprobar a los 14 años el Bachillerato en el instituto, entra como aspirante en el colegio de Larrea. En 1931 hace su primera profesión en el Carmelo de Amorebieta tomando el nombre de Salvador María de San José. Hasta el año 1935 continua con sus estudios en Marquina, Pamplona y Vitoria.

En enero de 1936- durante unos años “*mitad monje, mitad soldado*” según sus propias palabras- se incorpora al servicio militar. Al estallar la guerra civil, es movilizado como soldado y sirve en varios frentes: el Escorial, Villarreal de Álava, Ochandiano, Marquina, Sollube y Teruel. Se licencia al acabar la guerra con el grado de capitán de artillería. En el año 1940 hace la Profesión Solemne y dos años más tarde es ordenado sacerdote en Vitoria.

Inicia su ministerio sacerdotal en la Provincia de Cataluña. Pasa tres cursos, del 42 al 45, como director del Colegio de los Carmelitas en Palma de Mallorca. Al año siguiente es nombrado director del Colegio de Aspirantes de Cataluña y Baleares. Él mismo pide a sus superiores ir al Desierto de Hoz de Anero donde permaneció por dos años. Luego fue nombrado profesor del Colegio de Filosofía de Vitoria durante cuatro cursos, desde 1948 a 1952.

Aunque conservó la afición por los relojes de sol durante toda su vida, los años finales de la década de los cuarenta y los dos primeros años de la de los cincuenta, coincidentes con su retiro en el Desierto de Rigada y los cursos de docencia en Vitoria, van a ser especialmente activos desde el punto de vista que nos ocupa: su aportación a la Gnomónica y la construcción de relojes de sol.

Desde niño se sintió atraído por las estrellas, “*que siempre me tiraron los astros*”, afirmaba. Entre sus papeles guardaba una foto disfrazado de astrónomo con capirote y telescopio. “*El padre Salvador tenía también sus aficiones singulares. Conservó siempre una enorme curiosidad por el mundo de la Astronomía, los misterios del “cosmos”, la expansión del universo. Desde su adolescencia le apasionó el telescopio y la observación del curso de los astros. Era uno de sus temas favoritos en la tertulia. Se especializó también en los relojes de sol. Él ideó e instaló varios en nuestros conventos y se especializó en el tema a través de la lectura y el estudio. Una prueba de ello es el artículo por él publicado en la revista “Ibérica”, noviembre de 1951 y enero de 1952, titulado “Relojes de Sol”. Son 16 páginas a doble columna y letra pequeña.*”

En una carpeta del Archivo del Convento del Carmen se conservan una docena de hojas sueltas mecanografiadas y manuscritas del padre Salvador que debieron formar parte de apuntes más voluminosos. En la misma carpeta se guarda el artículo que trata del mismo asunto, publicado en una separata titulada *Tiradas aparte de la revista Ibérica*, y una corta a la par que densa biografía de seis páginas titulada P. Salvador M<sup>a</sup> Azpiazu de San José 1913-1999, firmada por Fr. Jesús Murillo de donde se han resumido los datos sobre su vida (Véase la página Web de la Provincia de San Joaquín de Navarra).

El artículo citado está dividido en cuatro apartados:

- I.- ¿Qué hora es?
- II.- La colocación del gnomon
- III.- Los cuadrantes solares
  - a) Cuadrante ecuatorial
  - b) Cuadrante horizontal
  - c) Cuadrante vertical: orientado y declinante
- IV.- Construcción práctica de un cuadrante solar.

Sabida es la riqueza gnomónica de las islas Baleares, Cataluña y Cantabria, primeros lugares en los que estuvo destinado. El Padre Salvador acostumbraba a hacer excursiones en busca de relojes de sol. El mismo lo cuenta en el apartado I del artículo: “*Mi afición a los relojes de sol me llevó una tarde a la casucha de cierto payés que, en el decurso de la conversación, me manifestó que en su fachada tenía un reloj de Sol. Efectivamente allí se encontraba al alcance de la vista, bien bajo, un palo tosco, grueso,*

*horizontal, clavado como daga en el muro, y unos trazos divergentes que el paciente labriego había señalado sobre él, acechando en espera la pauta que a cada hora le proporcionaba el sol”.*

La anécdota del payés que nos da noticias de su afición durante su estancia en Cataluña, le sirve de introducción para explicar la relación existente entre la hora solar y la hora oficial. Después de realizar el cálculo con un ejemplo práctico tomando como referencia el meridiano de Madrid (longitud y ecuación del tiempo), para facilitar la comprensión al lector *“que estime demasiado complicados los cuadros expuestos y excesiva tanta teoría”* le propone recordar alguna copla *“que le acuse aproximadamente los errores del sol”*. El mismo compuso algunas como ejemplo, que copio por curiosidad para quien quiera entretenerse efectuando los cálculos oportunos.

En Cataluña:

Bien ando el primer trimestre.  
Diez el segundo adelanto;  
El tercero ya no tanto,  
Y el cuarto llego a 20.

En ambas Castillas:

Por otoño paso exacto.  
En verano y primavera  
Quince minutos de espera.  
Y 20 de enero a marzo.

En Navarra:

En invierno por el frío,  
Me retraso un cuarto de hora;  
Diez minutos en estío,  
Y lo demás a la hora.

En Galicia:

Llevo 40 de atraso  
En el trimestre primero;  
Casi 20 en el postrero.  
Lo demás a y media paso.



**Desierto de San José de Rigada. Cuadrante solar de 1796**

Antes de publicar el artículo había diseñado y construido con sus propias manos varios relojes. El primero en el Desierto de San José de Rigada. Rigada es un barrio de Hoz de Anero, Cantabria, situado a 25 km al este de Santander. En este apartado lugar vive una pequeña comunidad de carmelitas, en el que fue palacio rural de dos linajes cántabros ilustres: Cajigal y Solar.

A la derecha de las escaleras de acceso al palacio podemos contemplar un antiguo reloj de sol de finales del XVIII. Cuadrantes solares como éste, exentos, ubicados sobre portadas y cercas de casonas, cornisas de pórticos y espadañas y torres de iglesias, son muy abundantes en esta zona de Cantabria. El P. Salvador los conocía. Sus propias palabras lo confirman: *“La fachada vetusta de morena torre y el edificio señorial de casa solariega, vestidos de jugosa hiedra, dejaban un lugar preeminente para su apreciado cuadrante”*. Un carmelita que se afanaba en el cuidado del jardín arrancó la hiedra que cubría parcialmente el plano del reloj para que lo pudiéramos fotografiar.

Este viejo cuadrante vertical a mediodía fue construido en 1796. En la fotografía inferior se observa que toda la estructura del reloj está girada hacia la derecha. El palacio y el pretil sobre el que está emplazado declinan a poniente. Las líneas horarias parten directamente del orificio de la varilla y terminan en el rectángulo que sirve de marco a la banda horaria. Las horas van escritas en números arábigos de 6 de la mañana a 6 de la tarde.



Reloj de 1796 en primer plano. En el torreón el reloj del P. Salvador.



Reloj de sol de Salvador Azpiazu en el Desierto de San José de Rigada. 1947.

En la fotografía de la página anterior, tras el reloj del XVIII, en la tercera planta del torreón, entre las dos ventanas y bajo el escudo, podemos ver el primer cuadrante solar construido por el Padre Salvador. Es cuadrado, sin números, trazado en el cemento fresco, tiene varilla horizontal y la meridiana desviada hacia la izquierda. La pared declina a poniente.

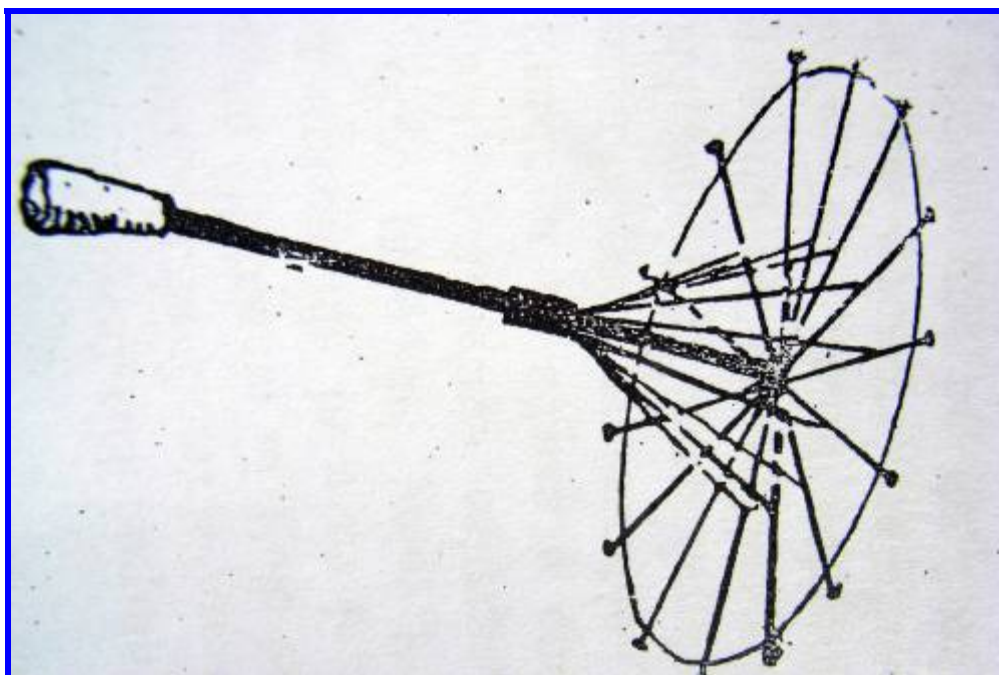
Frente a la torre, al otro lado del camino, hay una bola del mundo con el eje de hierro, que fue un reloj ecuatorial como el que describe y dibuja en la página 6 del artículo de la revista "Ibérica": una sombrilla de 24 varillas colocada verticalmente en el polo Norte.

En un folio de sus apuntes, mecanografiado por ambas caras, describe también la construcción de un reloj de sol ecuatorial y hace una curiosa referencia a "un reloj de sol de baratija":

*"Con este lenguaje nos entenderemos ya en adelante, aunque sea entre esquimales, porque os invito a una excursión veraniega a instalar EL RELOJ HORIZONTAL EN EL POLO NORTE llevando sólo una sombrilla de 24 varillas porque allá el sol ni se pone a media noche, ni se oculta en 6 meses. La sombra de su mango se posará cada hora en una nueva varilla. Tienes ya hecho el primer reloj o cuadrante de sol. Insistiremos en que tu gnomon debe apuntar siempre y exactamente a la Polar. Con ello el mango de la sombrilla que en el Polo forma un ángulo recto, 90° con el suelo polar, a la vuelta de aquella excursión formara en Islandia 67°, en Irlanda 50°, en España 40°, 30° en Canarias, hasta que en el Ecuador quede por los suelos (latitud cero) sin poder construir esta clase de reloj."*



El lenguaje que cita al inicio del párrafo anterior no es otro que un pequeño listado de vocabulario sobre relojes de sol: *“Para llamar a las cosas por su nombre, dejemos consignado que aún el reloj de sol de baratija, se llama horizontal...”*. A continuación explica que los relojes de sol de baratija, nombrados como relojes de “a duro”, los vendía un afamado charlatán de feria, llamado León Salvador, durante las fiestas de la Virgen Blanca. Los vitorianos de toda la vida todavía lo recuerdan.



La sombrilla de 24 varillas. Dibujo de Salvador Azpiazu.

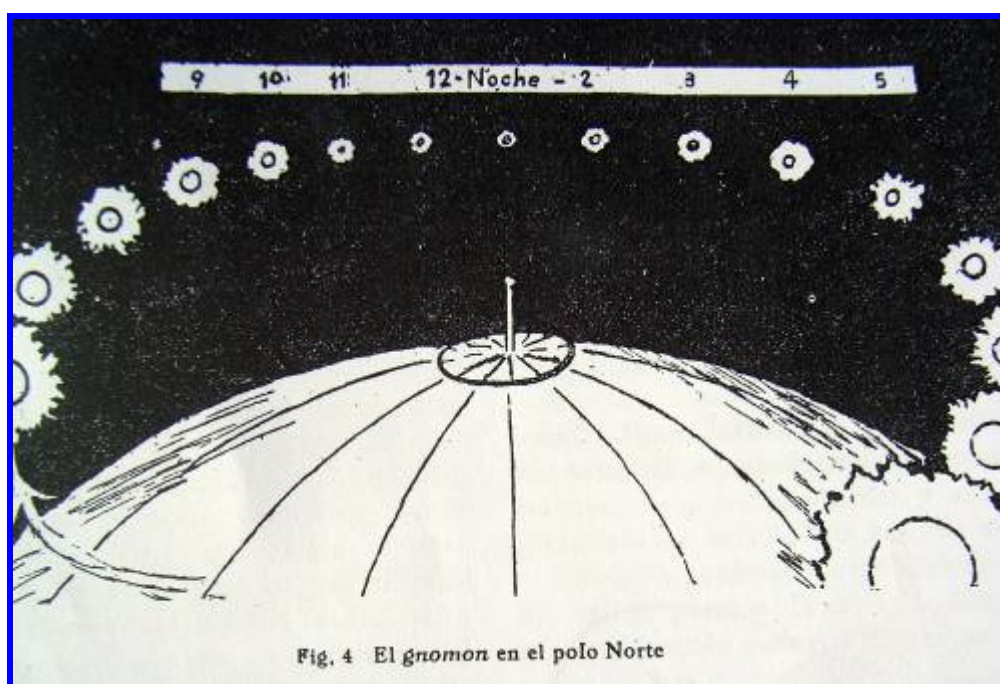


Fig. 4 El gnomon en el polo Norte

Reloj horizontal en el polo Norte. Dibujo de Salvador Azpiazu.



**Reloj de sol ecuatorial en el Desierto de San José de Rigada**

El padre Miranda nos informó de que en el Desierto de Rigada Salvador Azpiazu había construido dos relojes. El segundo reloj es esta bola de cemento que se encuentra frente al torreón del reloj, a la derecha del camino. De la esfera sobresalen dos varillas, una en cada polo, siguiendo la dirección del eje terrestre. Sólo hay que colocarle dos pequeños discos divididos en 24 sectores de 15° (la sombrilla de 24 varillas) para que vuelva a funcionar.

Durante los cuatro años que estuvo de profesor de Filosofía de Vitoria (48-52) construyó otros dos cuadrantes. Uno de ellos en la fachada sur del convento del Carmen. Estaba situado este cuadrante a la izquierda de la puerta de salida a la huerta, sobre la actual capilla de la Virgen. En la fotografía aérea del convento, se distingue en el muro el cuadrado de cemento lucido donde estuvo trazado el reloj de sol.



Para localizarlo hay que seguir en la fotografía el canalón que baja desde la chimenea hasta la planta baja, lugar donde gira en ángulo recto hacia la derecha para evitar el paso sobre el plano del reloj.

Desgraciadamente desapareció hace 30 años en las obras de restauración del convento. El nuevo canalón atraviesa verticalmente la zona del muro donde estuvo el reloj. Posiblemente la mala conservación de la pintura del cuadrante y la complicación de desviar el canalón nuevo motivaron su desaparición.

**El reloj del sol de convento del Carmen de Vitoria.**



**Situación del reloj del Carmen de Vitoria desaparecido.**

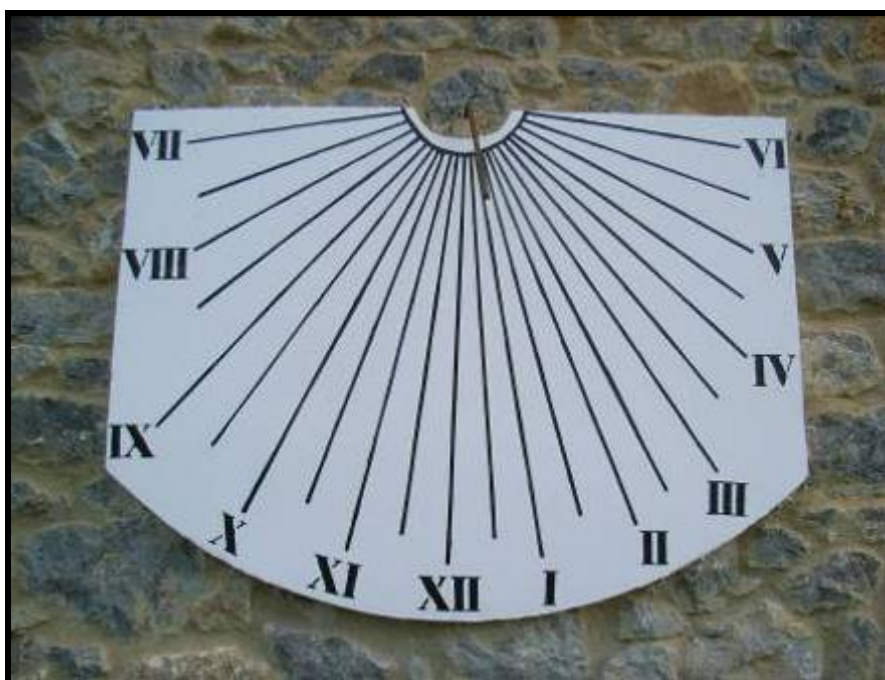
El otro reloj de sol construido por Salvador Azpiazu en Vitoria lo podemos ver todavía, en excelentes condiciones de conservación debido a su reciente restauración, en la fachada sur de la vivienda de la familia García-Echeverría, en la calle Vizcaya de la Ciudad Jardín. Agradecemos al señor García-Echeverría las facilidades que nos dio para que pudiéramos fotografiar el reloj de cerca y la información aportada para fecharlo.





**El reloj de sol en la casa de los García-Echeverría de la Ciudad Jardín.**

Begoña García-Echeverría recuerda todavía al carmelita -“sería el 48 o el 49”-, hábito recogido en la cintura y arremangado, encaramado en una escalera de en la terraza, construyendo con sus propias manos el reloj de sol en la fachada de su casa.



**Estado del cuadrante tras su restauración este mismo año.**

Cuadrante vertical a poniente ( $8^{\circ} 51'$ ) de grandes proporciones (150x113 cm), con forma de escudo, de traza radial de horas y medias horas repasada en negro sobre una placa de cemento lucida de escayola y pintada en blanco, horas en romanos de VII a VI, y varilla polar de apoyo único.

Entre la docena de hojas sueltas que se conservan de los apuntes de Gnomónica del Padre Salvador, hemos tenido la suerte de encontrar los cálculos de la traza de este reloj en un folio mecanografiado a dos caras, con algunas anotaciones a lápiz, titulado RELOJ DE SOL DE LA CIUDAD JARDÍN Casa Ga. Echeverría Vitoria, que se reproducen a continuación:



Plaza Armas 4039/3320

P A S O D E L S O L (Argentina) por Alta Gracia  
=====

|        | ener | febr | mars | abr | mayo | jun | jul | ag | set | oct | nov | dic |
|--------|------|------|------|-----|------|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|
| día 10 | 8    | 15   | 12   | 4   | 58   | 0   | 6   | 7  | 58  | 47  | 45  | 54  |
| día 20 | 12   | 15   | 9    | 0   | 53   | 2   | 7   | 5  | 55  | 46  | 47  | 58  |
| Último | 15   | 14   | 6    | 0   | 59   | 5   | 7   | 2  | 51  | 45  | 50  | 4   |

... luego a lo que marque el sol hay que restar 8 min, 12, etc.  
(y añadir en mayo, set, oct., nov., dic)

En verano un cuarto de hora  
madrugo; y en primavera  
lo compenso con espera.  
Por lo demás, a la hora.

Tablas del paso del sol por Alta Gracia. Apuntes de Salvador Azpiazu.

La mitad de lo que se conserva en sus apuntes, 13 páginas en concreto, se refieren a Santiago de Chile. Entre las citadas páginas encontramos otra tabla del paso del sol por Alta Gracia (Argentina), acompañada de una copla mnemotécnica a la manera de las compuestas para la revista Ibérica 30 años antes:

En verano un cuarto de hora  
madrugo; y en primavera  
lo compenso con espera.  
Por lo demás a la hora.

- Declinación magnética de Santiago para el año 1979..... *de Madrid en 1983* 57
- Variación anual hacia el Oeste.....
- El meridiano geográfico de Santiago está a los 70°40' desde Greenwich. = 70°39' según consulta 1985
- Con España tenemos una diferencia horaria oficial de 4 horas.
- En todos los mapas, cartas y planos que confecciona este Instituto, además de la escala numérica, figura su escala gráfica correspondiente.

Información solicitada. Firma la carta el coronel Cristian Álvarez Sgolia.

Y para terminar con sus papeles, se reproduce debajo el membrete de la respuesta del Instituto Geográfico Militar del Ejército de Chile a una carta del R. P. Salvador Azpiazu solicitando información:





Cumplidos los 74 años, después de servir en múltiples ministerios pastorales en América, el P. Salvador regresa a Pamplona. A principios de 1994, como consecuencia de una caída quedó imposibilitado de valerse por sí mismo y fue trasladado a la enfermería de Vitoria, donde pasó cinco largos años. En la madrugada del 22 de enero de 1999, cumplidos los 85 años, entregaba su alma al señor.

Localidad: **VITORIA-GASTEIZ**

Situación: piscina de niños de la

Fundación Estadio

Material: acero inoxidable.

Leyenda: "Egun Agiz mogitua"

Tipo: ecuatorial

Autor: J. I. Domínguez

Fecha: 2004



Reloj ecuatorial, horas grabadas en números árabigos y romanos de seis a dieciocho, cuartos de hora, calendario (bolita en el estilo), signos del zodiaco, lemniscatas y leyenda en euskara.

Localidad: **VITORIA-GASTEIZ**

Situación: c/ Los Herrán

Cerámicas Jorge Fernández

Material: placa de caliza

Tipo: VM.

Autor: taller RA

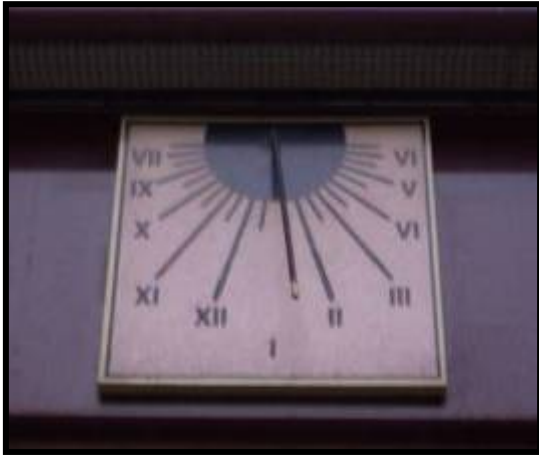
Verónica Montero

Felipe Miguel

Fecha: 1999



Se encuentra expuesto en la pared del patio de la tienda. Tiene la varilla girada porque no esta bien orientado. Grabado al ácido y pintado.



Localidad: **VITORIA-GASTEIZ**

Situación: plazuela Aldabe

En el rótulo del bar Ensanche

Material: aluminio y cristal

Año:

Horas en números romanos de VII de la mañana a VI de la tarde. La meridiana, que es la única línea horaria sin pintar, marca la una. Varilla mal orientada.

J. I. Domínguez da noticias de otros tres relojes de sol instalados en el mismo lugar, el primero en 1947, en el artículo titulado *Relojes de sol*

en Vitoria (I), publicado en El Correo, el 8 de abril de 2007.

Localidad: **VITORIA-GASTEIZ**

Situación: calle Castillo Portilla nº 4

Material: piedra

Tipo: MP

Autor: Julen Egia

Fecha: 1998



Cuadrante labrado en una placa de piedra cuadrada, colocado en la terraza de la casa sobre una peana de madera. Las líneas de las horas van grabadas en el cuadrado de ángulos en escocia que hace de marco de las horas. Números arábigos en relieve de 6 de la mañana a 6 de la tarde. Varilla de apoyo único construida en acero inoxidable.



Localidad: **VITORIA-GASTEIZ**  
Situación: antiguo Gobierno Civil.  
Material: piedra  
Tipo: VDP  
Fecha: MCMLX



Se encuentra grabado en el frontón de los antiguos Juzgados y Gobierno Civil, edificio construido a semejanza del Ministerio del Aire de Madrid. Reloj de sol radial enmarcado en un rectángulo moldurado. Vertical declinante a poniente. Las líneas de las horas y de las medias horas parten de un pequeño semicírculo dibujado alrededor del polo. En los extremos se han escrito las horas en números romanos de VIII de la mañana a VI de la tarde. Sobre la traza se lee la fecha, MCMLX, escrita en números romanos. En nuestra provincia la numeración romana no se ha utilizado para escribir la fecha en los relojes de sol hasta mediados del siglo XX. Todos los relojes fechados localizados en las iglesias alavesas la llevan escrita en arábigos.



Localidad: **ZURBANO**  
 Situación: barrio de Arriba 7  
 Material: cerámica  
 Tipo: VM  
 Autor: TALLER RA  
 Verónica Montero  
 Felipe Miguel  
 Fecha: 1998

En la casa que luce este reloj en la fachada, entre la puerta y la ventana, estuvo ubicado el taller RA desde el año 1989 hasta su traslado a la localidad navarra de Arbeiza el año 2001.



Vertical a mediodía dibujado para la latitud de Vitoria y construido en cerámica. Las líneas de las horas y las cifras van incisas sobre el barro antes de la cocción. Numeración romana de VI de la mañana a VI de la tarde. Sobre el vacío orificio de la varilla luce una original alegoría del sol. Varilla de un apoyo desaparecida.

# FIN

## RELOJ DE SOL DE PASTOR Y GEOMETRIA

Por F. J. Albertos

*Gracias a nuestro amigo el Dr Ibrahim Shabouk por su indispensable ayuda y constante guía.*



En realidad está basado en el mismo principio que el reloj de sol llamado de bandera. La única diferencia entre ambos es que, en el de pastor, la superficie donde se proyecta la sombra es cilíndrica y, en el de bandera, la superficie es plana (en realidad, es el desarrollo de la imagen cilíndrica sobre un plano). (Fig. 2, derecha)

Mediante los siguientes círculos, excéntricos entre sí, pueden hallarse fácilmente la conversión entre fechas / signos del Zodíaco. Esta forma de relacionarlas se encuentra, con frecuencia, en los dorsos de los astrolabios. Fig. 3

El reloj de sol llamado de *pastor*, mide la hora solar a través de la sombra proyectada por un gnomon horizontal, colocado de forma radial y extendido en un extremo suyo, sobre la parte superior de un cilindro vertical. Cuando no se usa, el gnomon puede guardarse dentro de éste, para facilitar su transporte. Suelen ser de madera, aunque pueden construirse de materiales metálicos o de marfil. No es un instrumento universal, pues solamente puede ser usado para la latitud del lugar y sus alrededores, para donde haya sido construido.

En la superficie cilíndrica están señaladas sucesivamente líneas verticales correspondientes a los 12 meses o mejor aún, a los 12 signos del Zodíaco, o a 6 períodos desdoblados, cuya misión es corregir la mayor / menor inclinación del sol sobre el horizonte a lo largo del año. El gnomon se coloca sobre la línea zodiacal de la fecha. Y seguidamente, estando el instrumento vertical, se orienta de tal forma que la sombra del gnomon caiga sobre la línea vertical, lo cual da la hora solar del lugar. (Fig. 1, izquierda)



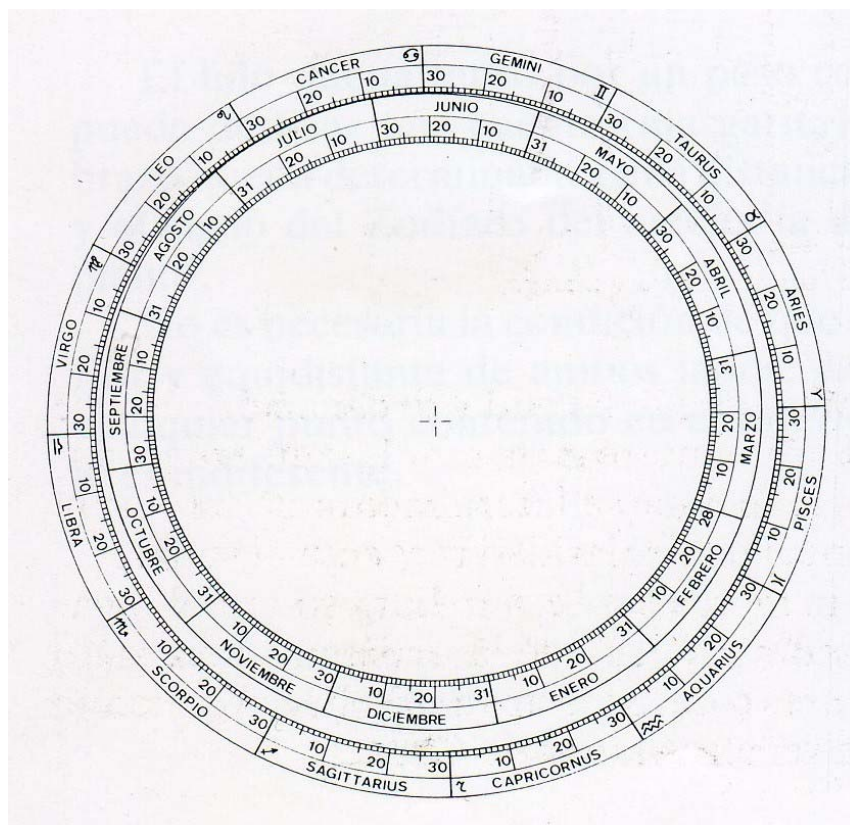
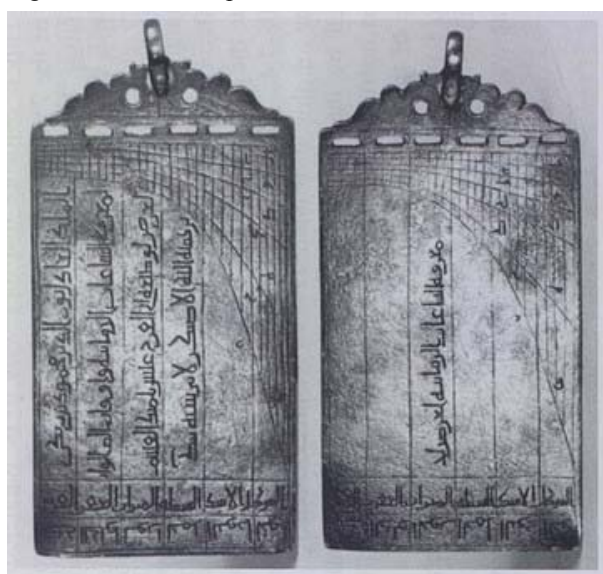


Fig. 3

Suele suceder, a menudo, que los primeros instrumentos de astronomía europeos suelen tener antecedentes realizados por hábiles e imaginativos constructores árabes. Así sucede con el denominado reloj de sol de pastor. El más antiguo reloj de sol portátil islámico corresponde a uno construido en Damasco, en el año 554 de la Hégira (1159-1160 d.C.) para *mostrar las horas del tiempo y los momentos de la oración*, por Abu al-Faraj Isa, discípulo de al-Qasim ben Hibat Allah al-Asturlabi y dedicado al gobernante ayubí, de familia kurda, al-Malik al'Adil Nur ad-Din Mahmud ben Zangi (Nur ad-Din, *Luz de la Fe*), Sultán de Siria desde 1146 hasta 1174. A este le sucedió el famoso Saladino (al-Nasir Salah ad-Din, *El Victorioso Unificador de la Fe*), también kurdo, como Sultán de Siria y Egipto, vencedor contra los cruzados, quienes siempre, con posterioridad, lo presentaban de forma muy laudatoria, como héroe digno de recordarse por su habitual conducta caballerosa y por su valentía, acorde con lo que dice nuestra frase, en que: *Lo cortés no quita lo valiente*. Su Mausoleo se conserva en la Gran Mezquita Omeya de Damasco. Esta mezquita aljama es un gran monumento de la arquitectura musulmana, por lo que no ha de dejarse de conocer, en cuanto se den las condiciones y oportunidad para visitarla, así como la Ciudadela de Aleppo y de paso, las ruinas de la mítica Palmira, lugares por donde discurría la Ruta de la Seda. De esta forma, se podrá disfrutar del reconocido carácter acogedor y hospitalario de la gente Siria cuya amabilidad no tiene límites.



ambas ciudades son las principales de Siria. Fig. 4

Sus dimensiones son de 8,6 x 5,1 cm, hecho de cobre. El anverso está dedicado para ser usado en Damasco, latitud 33° (en realidad es 33° 30'), y el reverso para Aleppo, que está más al Norte, latitud 36°, (en realidad es 36° 10'),



Al pié de ambas caras están escritas las doce denominaciones del Zodíaco, que leídas, en el instrumento, de derecha a izquierda y de arriba abajo son:

|           |                                   |
|-----------|-----------------------------------|
| VERANO    |                                   |
| السرطان   | <i>Al-Saratan</i> , Cáncer, 4°    |
| الأسد     | <i>Al-Asad</i> , Leo, 5°          |
| العذراء   | <i>Al-Azraa</i> , Virgo, 6°       |
| OTOÑO     |                                   |
| الميزان   | <i>Al-Mizan</i> , Libra, 7°       |
| العقرب    | <i>Al-Aqrab</i> , Scorpio, 8°     |
| القوس     | <i>Al-Qaws</i> , Sagittarius, 9°  |
| PRIMAVERA |                                   |
| الجوزاء   | <i>Al-Yawza</i> , Gemini, 3°      |
| الثور     | <i>Al-Zaur</i> , Taurus, 2°       |
| الحمل     | <i>Al-Hamal</i> , Aries, 1°       |
| INVIERNO  |                                   |
| الحوت     | <i>Al-Hut</i> , Pisces, 12°       |
| الدلو     | <i>Al-Dalu</i> , Aquarius, 11°    |
| الجدي     | <i>Al-Yadi</i> , Capricornus, 10° |

En su parte superior tiene 6 agujeros rectangulares donde, en uno de ellos, según el día de la fecha en que se tomaba la lectura, se insertaba la varilla que hacía de gnomon, cuya longitud de sombra indicaba la hora solar. Si se coloca en el alojamiento más a la derecha, es decir, sobre Cáncer (21 Junio-23 Julio) y Gemini (20 Mayo-21 Junio), cuando su sombra es la más alargada, y si se introduce sobre Sagittarius y Capricornus, cuando la sombra será la más corta.

(Bibliografía consultada: *Astrolabica 5, Institut du Monde Arabe / Société Internationale de l'Astrolabe, Paris, 1989, pp. 41-43. // In synchrony with the heavens, David King, 2005, p. 675*)

Estos relojes de pastor, aparecen escasamente representados en las obras de arte y en los libros. Está dibujado tempranamente en el *Libro de la Sabiduría*, año de 1450, colgado de un borde de la mesa que está a la derecha, formando un conjunto con un cuadrante, en el que están representadas las horas desiguales, un reloj de sol horizontal, otro desplegable y un reloj mecánico de sobremesa. También aparecen dos grandes relojes mecánicos para fachadas. También puede verse a la izquierda el anverso de un astrolabio, con el dibujo de su araña.

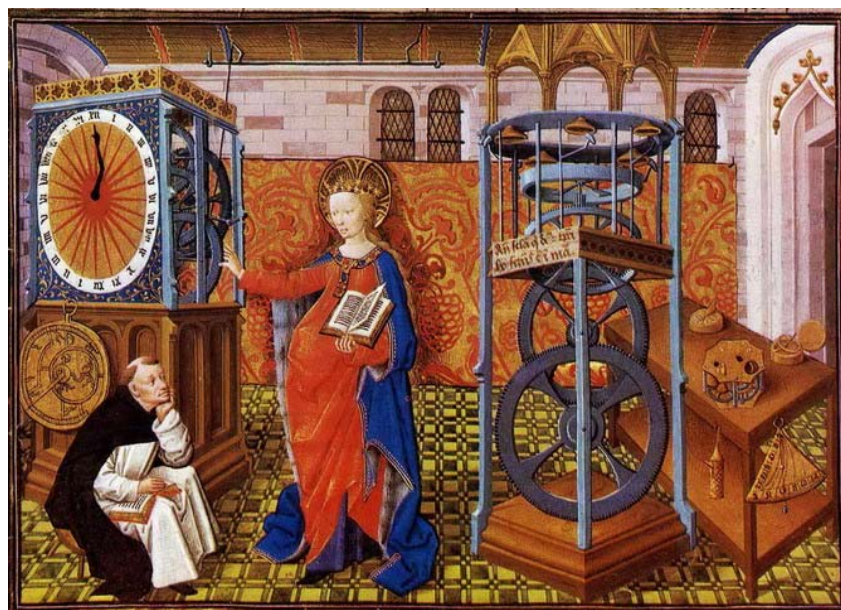


Fig. 5



También aparecen representados en los famosos cuadros de Hans Holbein, titulados *Retrato de Nikolas Kratzer* (1528) y *Los Embajadores* (1533), ambos muy conocidos por los que estudian la gnomónica. En el primero está en la parte superior izquierda y en el segundo a la derecha del globo celeste.



Fig. 6 y 7

En el frontispicio del célebre libro de *Cosmographia* de Pedro Apiano, el qual trata la descripción del mundo..., Amberes 1548, está representado en su parte inferior derecha.

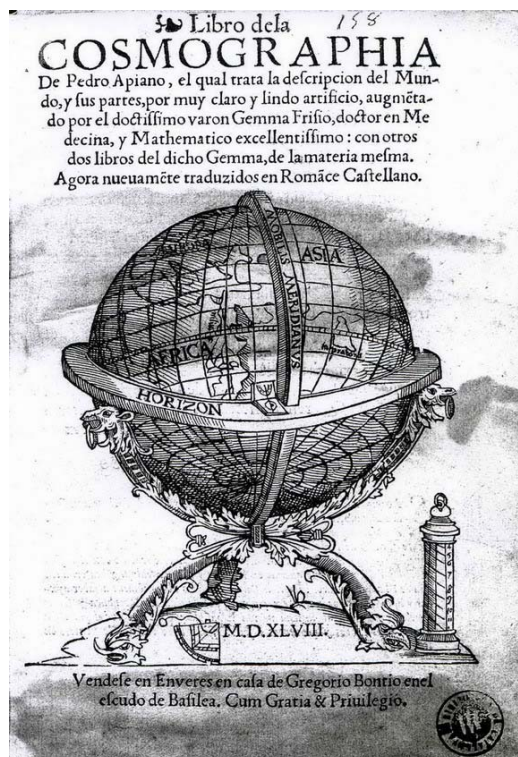


Fig. 8

También aparece en el cuadro *La Cámara de las Maravillas de la familia Dimpfel*, por Joseph Arnold, 1668. Está esbozado a la derecha del primer globo celeste que está a la izquierda, tiene unas dimensiones mayores de lo usual. Hay otros dos relojes de sol, uno de ellos cúbico y el otro en forma de diptico.



Fig. 9

En un biombo mejicano dedicado a *Las Artes Liberales*, por Juan Correa, 1670, una de sus hojas está dedicado a *La Astronomía*, que está coronada por un globo, hay un reloj de pastor sobre un libro, y por debajo de un astrolabio, que presenta su reverso donde puede verse que están dibujadas las horas desiguales y el cuadrado de las sombras, además hay otro globo. Están representados como ayudas a la navegación porque al fondo pueden verse dos barcos.



Fig. 10



En el *Retrato de Johannes Neudorfer y su hijo*, 1670 por Nicolas Neufchatel, está colgado de un clavo pendiente de la pared, en su parte superior derecha. También puede verse como le está enseñando a su hijo, las propiedades de un dodecaedro hueco. Asimismo hay un poliedro cúbico hueco colgado.



Fig. 11

No es extraña la representación de poliedros, tanto regulares como irregulares, en el arte, ya que era frecuente la vinculación de matemáticos con la gnomónica. En el retrato de Luca Pacioli, por Jacopo de Barbari, 1494, puede verse un poliedro (rombicuboctaedro) de vidrio colgado del techo y un dodecaedro sólido encima de la mesa.



Fig. 12

Este fraile, Luca Pacioli (1445–1517) fue autor de varios libros de matemáticas. Entre ellos, *Divina Proportione*, escrito entre 1496-1498, que contiene dibujos de poliedros, tanto sólidos (*solidus*) como huecos (*vacuus*).

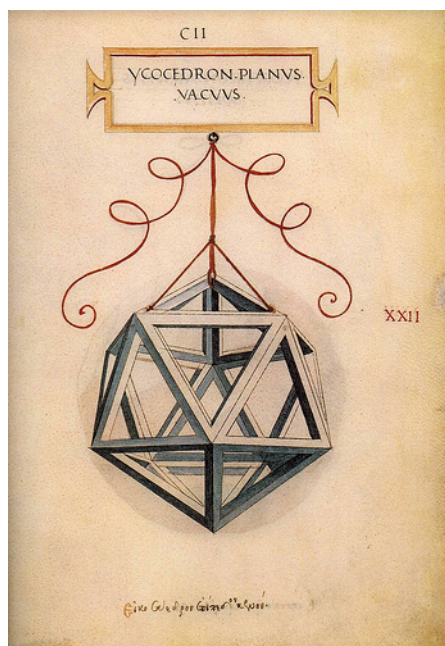


Fig. 13

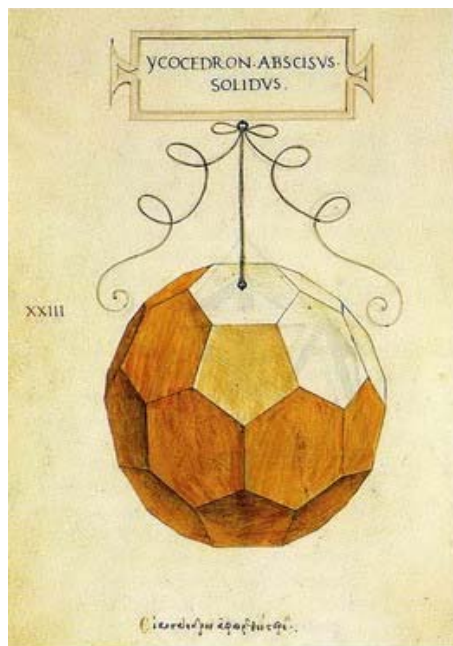


Fig. 14

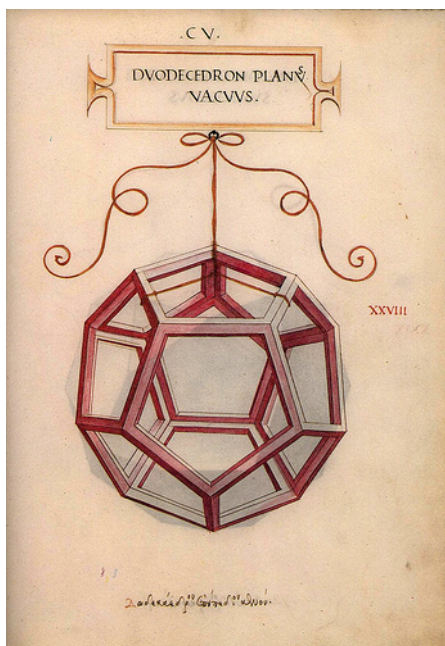


Fig. 15

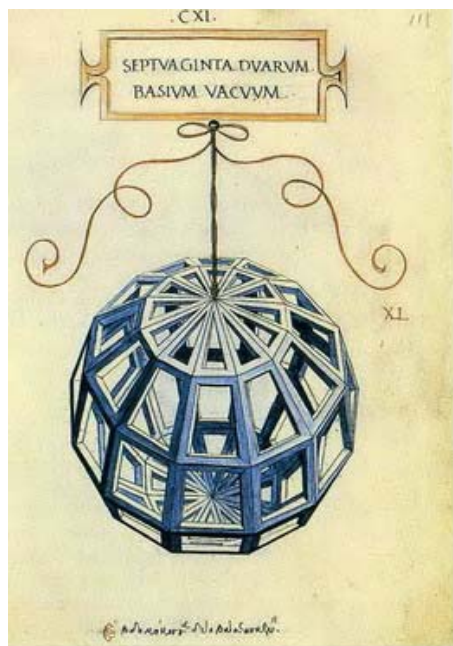


Fig. 16

Como consecuencia de estos estudios, estas figuras fueron introducidas por su vistosidad en las taraceas, trabajos en que se incrustan diferentes materiales (madera, metales, marfil, nácar, etc.) sobre una placa base, generalmente madera. Estas obras de artesanía, junto con la exacta aplicación de las leyes de la perspectiva, que les dan un aspecto tridimensional, dieron lugar a vistosas representaciones de marquetería, tales como las realizadas por Fr Giovanni de Verona, realizadas para el coro de la Abadía de Monte Olivetto Maggiore, cerca de Siena, en la Toscana italiana, entre 1511-1516. En uno de ellos aparece una esfera armilar, un astrolabio y un cuadrante.





Fig. 17



Fig. 18

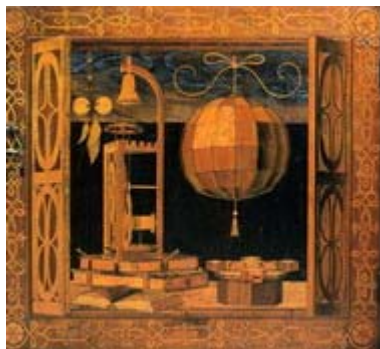


Fig. 19



Fig. 20

La palabra *taracea* - *ataracea*, procede de la palabra árabe *tar'sia* (incrustación), en italiano también se llama *tarsia* – *intarsia*. Actualmente quedan bastantes artesanos de estas marqueterías en Damasco y Granada, que todavía ofrecen sus trabajos.

Es muy interesante la puerta que da acceso al Salón del Trono en El Escorial, obra de Bartholomäus Weishaupt, realizada en 1567, en la que también se ofrece muchos ejemplos de incrustaciones, y de poliedros.

En el notable grabado *La Melancolía*, 1514, de Albrecht Dürer, aparecen entre otros motivos, un poliedro inacabado, y un cuadrado mágico:



|    |    |    |    |
|----|----|----|----|
| 16 | 3  | 2  | 13 |
| 5  | 10 | 11 | 8  |
| 9  | 6  | 7  | 12 |
| 4  | 15 | 14 | 1  |

En el hecho de estar contiguas las cifras 15 y 14, quiere verse el año de su realización, 1514.

Como se conoce, deben cumplirse una serie de condiciones para ser considerado un *cuadrado mágico*, con el uso de los primeros 16 números.

En este deben sumar 34, en todas sus filas:

$$16+3+2+13=34$$

$$5+10+11+8=34$$

$$9+6+7+12=34$$

$$4+15+14+1=34$$

En todas sus columnas:

$$16+5+9+4=34$$

$$3+10+6+15=34$$

$$2+11+7+14=34$$

$$13+8+12+1=34$$

En la suma de los cuatro números de cada subcuadrado:

$$16+3+5+10=34$$

$$2+13+11+8=34$$

$$9+6+4+15=34$$

$$7+12+14+1=34$$

En la suma de las dos diagonales principales:

$$16+10+7+1=34$$

$$4+6+11+13=34$$

En la suma de los cuatro números de las esquinas:

$$16+13+4+1=34$$

En la suma de los cuatro números centrales:

$$10+11+6+7=34$$

Salto de caballo:

$$3+8+14+9=34$$

$$2+12+15+5=34$$

Hay bastantes más de mil soluciones que satisfacen estas mismas condiciones, para estos 16 números y mismo orden matricial. Por ejemplo, otra solución es:

|    |    |    |    |
|----|----|----|----|
| 14 | 12 | 8  | 13 |
| 7  | 1  | 2  | 11 |
| 6  | 15 | 16 | 10 |
| 4  | 9  | 5  | 3  |



Fig. 21

En el interior del libro de *Cosmographia de Apiano* pueden observarse poliedros regulares sólidos y diversos instrumentos de astronomía, cuatro diferentes cuadrantes, un nocturlabio y una ballestilla, lo que sugiere el conocimiento geométrico que necesitaban los astrónomos, para realizar sus instrumentos.

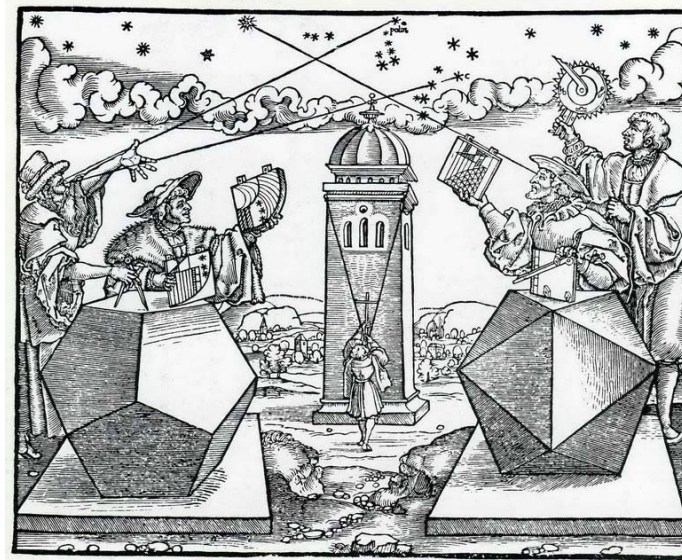


Fig. 22

En la Biblioteca de El Escorial hay una llamativa pintura representando a los Gimnosofistas (*los sabios desnudos*, secta hindú), de Pelegrino Pelegrini el Tebaldi (Puria, 1527 – Milán, 1596), donde aparece una pirámide, de base triangular y apareciendo números por todas partes. Entre los personajes está Pitágoras, para quien *los números eran la esencia de todas las cosas*.



Fig. 23

En la Villa Barbarigo, edificada en la Toscana, hay una estatua en sus jardines, dedicada al *Tiempo*, cuyo diseño estaba definido, *con reloj solar* (Orologio Solare). Quizás estuvo pensada para que lo contuviese en las caras del poliedro, cuboctaedro, portado en las espaldas del Tiempo, pero en la realidad no se observa.



Fig. 24



Fig. 25

También Salvador Dalí recurrió al dodecaedro. Podemos ver dos representaciones en planta de este poliedro, así como de uno de sus relojes blandos, en su cuadro *A la búsqueda de la cuarta dimensión*, 1979, Fundación Gala-Salvador Dalí, Figueres.



Fig. 26

Podemos traer a colación, para terminar, el hablar de la forma del balón de fútbol, el cual está formado por 12 pentágonos y 20 hexágonos. Este poliedro se llama icosaedro truncado (denominado por Pacioli, *Ycokedron abscisus solidus*, ver fig. 14). Se ha llegado a esta elaboración porque es una de las formas más aproximada a una esfera. Esta figura teórica alcanza el 86,74% del volumen de la esfera que lo contuviese, una vez inflado puede alcanzar el 92%, lo cual es suficiente y satisfactorio para ser usado en el campo. Los comentaristas deportivos que hablan del *esférico*, para referirse al balón, no están utilizando una denominación exacta, aunque esta forma esté muy extendida y a pesar de que sea totalmente comprensible por el auditorio.



Fig. 27

Hay otra forma de construir un balón más próximo a la esfera. Se trata del rombicododecaedro, confeccionado a base de 12 pentágonos, 30 cuadrados y 20 triángulos, que, teóricamente, hace que alcance el 93,2% del volumen de su esfera, acercándose más a la esfericidad total. Pero su construcción sería bastante más cara que la actual, que, por otra parte, ya estamos habituados a su uso y que ya está muy aceptada y sancionada por la costumbre.

© F. J. Albertos, 2011

#### Bibliografía:

-Medieval Scientific Instruments and the Development of Navigational Instruments in the XVth and XVI Centuries

Francis Maddison  
Coimbra, 1969

-Images des Sciences. Les anciens instruments Scientifiques vus par les artistes de leur temps.

Henri Michel  
Rhode-St-Genèse, 1977

-Les Instruments des Sciences dans l'Art et l'Histoire.

Henri Michel



Rhode-St-Genève, 1980

-Note sul Giardino Veneto: Aggiunte e Precisazioni  
Margherita Azzi Visentini  
Arte Veneta XXXVII,  
Venezia, 1983

-El Escorial. Octava maravilla del mundo.  
Patrimonio Nacional  
Madrid, 1987

-Instrumentos Científicos de los siglos XVII XVIII  
Ministerio de Cultura / Junta del Puerto de Santander  
1987

-Il coro intarsiato dell'Abbazia di Monte Oliveto Maggiore.  
Giovanni Brizzi  
Milano, 1989

-Astrolabica 5  
Société Internationale de l'Astrolabe / Institut du Monde Arabe  
Paris, 1989

-Circa 1492, Art in the age of exploration.  
National Gallery of Art, Washington  
Yale University Press  
New Haven / London, 1992

-Taracea y geometría  
Cristina Morilla  
Revista Descubrir el Arte, nº 44, Octubre 2002

-Historia de la belleza.  
Umberto Eco  
Barcelona, 2004

-Durero. Obras maestras de la Albertina.  
Museo Nacional del Prado  
Madrid, 2005

-Los secretos de las obras de arte, I.  
Rose Marie y Rainer Hagen  
Madrid, 2005

-In synchrony with the heavens,  
David King,  
Leiden, 2005

**EL TIEMPO SERENO**  
**Quince antiguos cuadrantes meridionales en la sierra de Aracena.**

Por Ignacio Garzón González y Esteban Martínez Almirón

Los bosques de castaños del Parque Natural, la Gruta de las Maravillas y una exquisita y variada gastronomía, con el jamón como eje vertebrador: estos podrían ser algunos de los grandes conceptos que el reduccionismo y la simplificación turística de masas tiende a realizar sobre los “productos” a ofrecer en venta al visitante de la Sierra de Aracena. A ellos nosotros les podríamos añadir otros, como el rico patrimonio monumental constituido por pueblos, castillos, iglesias, ermitas e incluso una mezquita.

Su especial situación, en el margen suroriental del Camino de la Plata, en el sur extremeño, al norte de la franja pirítica de Huelva y al oeste del resto del mundo –salvo el propio Algarve (al-Garb, el oeste, en árabe)- hacen que en este territorio se den unas peculiaridades propias como el habla, vestigio de los colonizadores leoneses del XV, la conservación de determinadas tradiciones y juegos populares, así como la proliferación de castillos e iglesias, construidas éstas últimas en su mayoría en la época del repoblamiento entre los siglos XVII y XVIII, que hacen que estemos posicionados ante un territorio muy especial.

Y es precisamente en estas iglesias, y también sobre la fachada de algunos edificios, donde se conservan unos tesoros que el olvido, más que, en ocasiones, el empeño propio por conservar el patrimonio, ha logrado que perduren hasta nuestros días: Nos estamos refiriendo a una serie de relojes de sol que fueron generalmente realizados a la finalización de la construcción de la iglesia en la que se conservan y que son mudos testigos del paso del tiempo por el entorno en el que se asientan.

En la Comarca de la Sierra de Aracena, se han localizado un total de quince relojes de sol contruidos entre los siglos XVII y XVIII, que aunque distanciados en el tiempo, con una separación temporal de 118 años entre el más antiguo y el más “moderno” de entre ellos, resultan de una factura similar a primera vista ya que casi todos tienen en común:

- Son **verticales** con orientación **meridional**
- Han sido **confeccionados en mármol blanco** de la comarca
- Menos en un caso, las líneas y numerales horarios se han dispuesto en **semicírculo**.

A continuación ofrecemos un inventario de los mismos presentándolos ordenados cronológicamente en función de la fecha de construcción real –con constancia escrita en el propio cuadrante o en alguno de los elementos que lo conforman- o supuesta, en función de determinados parámetros que más adelante comentamos.

### 1. Iglesia de Ntra. Sra. de la Asunción (Aroche)

En el muro que da a la calle Dr. Daniel Bellido Valera, pero ya en la plazoleta que se abre a la entrada del templo, la iglesia arochena muestra un impresionante reloj de sol vertical, elaborado en un bloque de mármol blanco-grisáceo con ornamentación de cornisa (horizontal) en la parte inferior, en la que resaltan cuatro rectángulos con inscripciones.



El primero lleva el texto “Año D”, el segundo “1609”, el tercero presenta algunas letras ilegibles y el cuarto ha perdido todas las letras. La forma de la faz es rectangular apaisada. Presenta un gnomon consistente en varilla de metal formando un ángulo pronunciado, de doble apoyo. Las líneas horarias parten de las proximidades del gnomon y llegan a una corona circular en la que se inscriben las horas (de las seis a las seis, en la marca horizontal), leíbles desde la base y anotadas con numeración romana, sólo desde las siete a las seis, pues el primer seis no ha sido grabado. El estado de conservación es bueno, salvo en el borde derecho, que ha sufrido pequeñas roturas, de las que alguna afecta al número seis.

### 2. Iglesia de San Antonio Abad (Carboneras, Aracena)

La Calle Reloj de la aldea aracenesa de Carboneras se llama así porque a ella se asoma un antiguo reloj de sol vertical, ubicado en los muros del templo local. Se trata de un bloque de mármol blanco, bastante desgastado y poblado por un puñado de líquenes amarillentos. Su forma es rectangular apaisada.



Carece de leyenda y presenta un gnomon consistente en varilla gruesa de metal formando un ángulo muy pronunciado, de doble apoyo.

Las líneas horarias parten de un semicírculo que rodea al gnomon y llegan a una corona circular en la que se inscriben las horas (de las seis a las seis, en la marca horizontal), leíbles desde la base y anotadas con numeración romana, sólo desde las siete a las cinco, pues los números seis no han sido grabados.

### 3. Casa de la Inquisición (Aracena)

La Casa de la Inquisición es un edificio de Aracena próximo a la iglesia de Ntra. Sra. del Carmen, haciendo esquina entre la calle Mesones y la avenida de Portugal. El nombre proviene del hecho de que la “santa” tuvo allí sede en el siglo XVII.



El edificio tiene en su fachada algunos elementos arquitectónicos que así lo evidencian. Entre ellos se alza un reloj de sol vertical, justo en la esquina, que parece haber sido reubicado, ya que está imbuido en una estructura que dificulta su observación. En lo que se aprecia, se trata de una placa de mármol rectangular apaisada, a la que parece faltarle un fragmento en la parte superior

central, sustituida por mortero. El gnomon es una varilla metálica horizontal que parece estar fijada con cemento en el filo superior. No se aprecia el punto de partida de las líneas horarias, que llegan a una corona circular en la que se inscriben las horas, leíbles desde la base y anotadas con numeración romana, al menos las que están visibles desde la calle. No se aprecia leyenda en él.

#### 4. Iglesia del Divino Salvador (Cortegana)

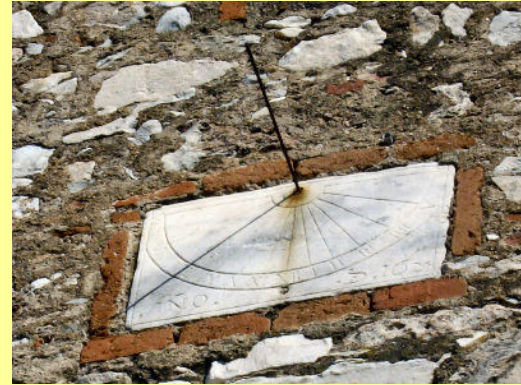
La parroquia corteganesa posee en un muro asomado a la zona de recreo infantil una especie de templete en el que se aloja un reloj de sol vertical -aparentemente de mármol blanco- bastante bien conservado pese a las manchas de líquenes que se asoman a su faz. Se trata de una placa rectangular apaisada, con un gnomon consistente en una fina varilla de metal formando un ángulo (de doble apoyo) y algo deformada. Las líneas horarias parten de las proximidades del gnomon y llegan a una corona circular en la que se inscriben las horas (de las seis a las seis, en la marca horizontal), leíbles desde el gnomon y anotadas con numeración romana.



Carece de leyenda y de ornamentación. Las palmeras que rodean el templo dificultan su observación.

#### 5. Iglesia de San Marcos (Alájar)

El templo parroquial de Alájar muestra en sus muros que dan a la calle Ánimas un hermoso reloj de sol vertical, rectangular apaisado, labrado en una placa de mármol blanco, en buen estado de conservación.



Presenta un gnomon consistente en varilla horizontal de metal, con abundante óxido de hierro que llega a manchar el mármol. Esta varilla podría no ser la original, ya que en la base de la faz existe un agujero que hace pensar en un gnomon anterior en forma de ángulo con doble apoyo. Las líneas horarias -apenas interrumpidas por algún breve desconchón- parten de una semicircunferencia que rodea al gnomon y llegan a una corona circular en la que se inscriben las horas (de las seis a las seis, en la marca horizontal), anotadas con numeración romana y leíbles desde la base. La leyenda está repartida entre las dos esquinas inferiores: a la izquierda se lee "Año" y a la derecha "D 1624". Su única ornamentación consiste en una especie de marco, creado por un rectángulo cercano al borde de la faz, en cuyo interior quedan inscritos todos los elementos del reloj.

#### 6. Cortijo de La Mazmorra (Aroche)

Sobre una de las esquinas de este cortijo se conserva un desvencijado reloj de sol meridional confeccionado en mármol blanco carente de tres de sus cuatro esquinas.



Foto: Jesús Marín

Asimismo carece de gnomon metálico aunque aún se encuentra presente en él el orificio que lo albergó. El trazado consiste en un semicírculo



que contiene las líneas horarias con numeración romana, manteniéndose desde las VIII a las V de la tarde, con inversión en el sentido de lectura de ésta última cifra, y con inclusión del 12 en caracteres arábigos. Al igual que el ubicado en la Casa de la Inquisición de Aracena, por la disposición y modo de sujeción pensamos que se trata de un reloj ubicado originariamente en otro lugar y que ha sido colocado con posterioridad donde se encuentra actualmente.

#### **7. Iglesia de Santa Marina (Santa Marina, Aracena)**

Esta iglesia es el último vestigio de una aldea ya desaparecida y demolida, cercana a Valdezufre y a la línea divisoria entre los términos municipales de Aracena e Higuera de la Sierra. Su reloj de sol es muy peculiar por varios motivos. Uno de ellos es que a pesar de que su faz está completa, algunas líneas horarias han sido proyectadas en la pared sobre la que se halla el cuadrante.



Además, en la misma pared, por encima del reloj se aprecian algunos signos que podrían corresponder al número de un año, pero resultan ilegibles. Se trata de un reloj vertical, elaborado sobre una placa de mármol blanco con forma rectangular apaisada. En su desgastada faz se dejan ver ciertos desconchones especialmente serios en la base superior del gnomon. Presenta un gnomon consistente en una deformada varilla de metal formando un ángulo pronunciado, de doble apoyo. Las líneas horarias parten de un posible semicírculo que rodea al gnomon (del que apenas queda una leve evidencia) y llegan a una semicircunferencia bajo la que se inscriben las horas (de las seis a las seis, en la marca horizontal), leíbles desde la base (excepto el cinco) y anotadas con numeración arábiga, sólo desde las siete a las cinco, pues los números seis no disponían de hueco para ser grabados. Carece de leyenda y de ornamentación, pese a que existe un importante espacio en blanco. Como se ha

dicho, algunas de las líneas horarias han sido proyectadas en el mortero circundante, más allá de la circunferencia horaria, por algún motivo que no acertamos a comprender. En el extremo de algunas de esas líneas proyectadas puede observarse la existencia de números horarios, señalados con grafía romana, leíbles desde el gnomon.

#### **8. Iglesia de Ntra. Sra. de la Esperanza (Corterrangel, Aracena)**

A pocos metros de la pequeña aldea aracenesa de Corterrangel se alza su iglesia, en cuyo lateral encontramos un reloj de sol vertical, fabricado en una placa de mármol blanco, labrado a dos niveles (la leyenda, las líneas, la numeración y los adornos están elevados en relieve respecto al resto). Su forma es rectangular apaisada.



Tiene un gnomon consistente en una varilla de metal formando un ángulo (de doble apoyo), algo deformada. Las líneas horarias parten de un semicírculo que rodea al gnomon y llegan a una corona circular en la que se inscriben las horas (de las seis a las seis, en la marca horizontal), leíbles desde el gnomon y anotadas con numeración arábiga, de las siete a las cinco, pero sin el doce, que ha sido exceptuado. La leyenda ocupa la parte superior del rectángulo y contiene el texto “Anno de 1671”. En el exterior de la corona circular hay sendos adornos desiguales a la altura del nueve y del dos. El reloj presenta algunos desperfectos y su superficie está ennegrecida y con manchas amarillas por la presencia de líquenes.

#### **9. Iglesia de San Juan Bautista (Linares de la Sierra)**

Los muros de la iglesia que dan a la calle Colón

cuelgan un reloj de sol vertical, desigualmente conservado. Consiste en una placa de mármol blanco de forma rectangular apaisada. Carece de gnomon, pero tiene dos huecos que indican que el originario era en ángulo con dos apoyos. En el hueco inferior hay unas virutas metálicas que impiden ver el número de la hora doce.



En la base del gnomon se ha producido una rotura que dificulta la lectura del año. Las líneas horarias parten de una semicircunferencia que rodea al gnomon y llegan a un rectángulo en cuyo exterior se inscriben las horas (de las seis a las seis, en la marca horizontal), leíbles desde la base y anotadas con numeración arábiga. El cinco presenta una grafía anómala. La única leyenda existente es el año, pero no puede leerse por estar afectada por la rotura antes citada. En principio, y dado que todas las referencias que hemos localizado afirman que el edificio presenta una tipología propia de la arquitectura religiosa del siglo XVIII, parece que el año grabado sería 1700 ó 1766 aunque no nos atrevemos a afirmarlo tajantemente. A ambos lados de la leyenda aparecen sendas incisiones ornamentales parecidas a estrellas de cuatro puntas.

#### **10. Iglesia de Ntra. Sra. Santa Ana (Santa Ana la Real)**

La iglesia santanera muestra por la calle Virgilio Fernández un reloj de sol, también vertical, que no está en su ubicación original. Se trata de una placa cuadrada de mármol blanco, muy desgastada, con algunos fragmentos rotos.



El gnomon es una corta varilla metálica horizontal -estéticamente poco afortunada- que claramente tampoco es la original. En el cuadrado se inscribe una circunferencia, en cuyo centro va instalado el gnomon. La mitad inferior de la circunferencia aloja las líneas horarias (separadas por puntos, tal vez ideados para señalar las medias), que parten de la base del gnomon, y los números de las horas (de las seis a las seis, en la marca horizontal), leíbles desde la base. La numeración combina caracteres arábigos y romanos sin orden claro. El número nueve está perdido en parte. En los seis, el siete y el ocho los números -romanos- son desiguales de tamaño dentro la cifra, siendo las V pequeñas y las I grandes. En la parte superior de la circunferencia se lee "1701". Presenta un mal estado de conservación.

#### **11. Iglesia de Ntra. Sra. de los Remedios (Cortelazor la Real)**

La esquina exterior de la torre de la iglesia -que da a la Plaza Andalucía en su prolongación hacia la calle Parralejo- muestra el reloj de sol de Cortelazor, también vertical. Se trata de una placa cuadrada de mármol blanco, cuyo gnomon es una varilla metálica horizontal. En el cuadrado se inscribe una circunferencia -con una muesca en la parte superior-, en cuyo centro va instalado el gnomon.



La mitad inferior de la circunferencia aloja las líneas horarias (separadas por puntos, tal vez ideados para señalar las medias), que parten de la base del gnomon, y los números de las horas (de las seis a las seis, en la marca horizontal), leíbles desde la base. La numeración combina caracteres arábigos y romanos sin orden claro. En los seis, el siete y el ocho los números -romanos- son desiguales de tamaño dentro la cifra, siendo las V pequeñas y las I grandes. En la parte superior de la circunferencia se lee “1701”. Presenta un estado de conservación aceptable.

## 12. Iglesia del Divino Salvador (Valdelarco)

El hermoso reloj de sol de Valdelarco se alza en una de las aristas de la torre de la iglesia, la que se asoma a la confluencia de las calles Águilas y Atocha. A simple vista parece vertical y así lo consideraremos, pero mirándolo desde un lateral se le aprecia una débil inclinación que será necesario cuantificar, porque tal vez se deba a alguna reubicación poco acertada.



Está elaborado en una placa de mármol blanco, rectangular apaisada. Su gnomon original ha desaparecido, siendo sustituido con poco acierto por una varilla poco ortodoxa, colocada en posición horizontal. La parte superior de la faz (por encima de la base del gnomon) está ocupada

por la leyenda. “AÑO D 1727”. La eñe está al revés, girada hacia el lado. Según el historiador local D. Manuel Gil, entre 1724 y 1728, la iglesia estaba siendo reconstruida, por lo que parece evidente que la colocación de este reloj se produjo en el transcurso de tales obras. Las líneas horarias parten de la base del gnomon y llegan a una corona circular en la que se inscriben las horas (de las seis a las seis, en la marca horizontal), anotadas con numeración arábica (excepto el dos, que aparece en número romano) y leíbles desde la base. El cinco presenta una grafía anómala y el cero del diez está abierto con bucles por el lado izquierdo. La ornamentación ocupa la zona que queda bajo la corona horaria, en la zona inferior de la faz. En el centro, la cabeza bicéfala de un dragón parece sostener la corona horaria. En las esquinas, un par de motivos de gran belleza completan la ornamentación. La corona horaria y la ornamentación se elevan en relieve sobre el resto de la faz. En líneas generales, el estado de conservación es bueno, aunque sería conveniente evitar que los líquenes amarillentos que aparecen en el lateral izquierdo de la faz se extiendan por toda la superficie.

## 13. Iglesia de San Pedro y San Pablo (Puerto Moral)

La zona de la Plaza de la Libertad que se prolonga hacia la calle Muro es la que alberga el reloj de sol de la iglesia de Puerto Moral, uno de los más interesantes de nuestra comarca, si no el que más. Se trata de un reloj vertical, elaborado en una placa de mármol blanco, de forma rectangular apaisada. Carece de gnomon.



En la base de la faz existe un agujero que -aunque poco profundo- puede significar que el gnomon era con forma de ángulo, con doble apoyo. Este es el reloj de sol de todos los de la Sierra que tiene la leyenda de mayor extensión.



*“Siendo cvra y beneficiado don Jvan Garzia  
Granado se hizo se pvso año de 1727”.*

La jota está escrita al revés, girada hacia el lado. Esa leyenda ocupa el tercio superior de la faz, invadiendo parte del espacio interior de la corona circular horaria. La base del gnomon queda, así, bajo el siete y el dos de la cifra del año. Las líneas horarias -débilmente marcadas- parten de la base del gnomon y llegan a una corona circular en la que se inscriben las horas (de las seis a las seis, en la marca horizontal), anotadas con numeración árabe y leíbles desde la base. El cinco presenta una grafía anómala, el cero del diez está abierto con bucles por el lado izquierdo y el primer seis está escrito al revés, girado hacia el lado. La corona horaria está diseñada como una corona solar, rematada de rayos (triangulares alternándose con otros en forma de llama ondulante). La línea superior o interna de la corona presenta un bucle en cada extremo. La ornamentación se completa con un par de motivos de gran belleza, que ocupan cada una de las esquinas inferiores. En líneas generales, el estado de conservación es bueno.

#### 14. Calle Enlace (Jabugo)

La céntrica Plaza del Jamón, en Jabugo, cuenta entre las vías que confluyen en ella con la calle Enlace y la calle San Bernardo. Justo en la esquina entre ambas bocacalles se alza un edificio, que muestra en su fachada de la calle Enlace un reloj de sol vertical, encalado hasta el gnomon y muy deteriorado. Bajo la capa de cal intuimos que se trata de una placa de forma rectangular apaisada que presenta una rotura considerable en la esquina superior izquierda. La naturaleza del material en el que ha sido elaborado es, según la familia propietaria del inmueble, mármol probablemente de la comarca.



El gnomon consiste en una varilla metálica horizontal, también encalada. Las líneas horarias parten de la base del gnomon y llegan hasta una las grafías de las horas (de las seis a las seis, en la marca horizontal), anotadas con numeración árabe (excepto el dos, que figura en número romano) y leíbles desde la base. El cinco presenta una grafía anómala y el cero del diez parece estar abierto con bucles por el lado izquierdo. La ornamentación se compone de dos figuras que ocupan las esquinas inferiores de la faz. En lo poco que la cal permite verlas, esas figuras se asemejan a flores de lis. Carece de leyenda.

#### 15. Iglesia de Santa María de Gracia (Los Marines)

El lado de la torre que da a la calle Nueva luce un reloj de sol vertical, rectangular apaisado, labrado en una placa de mármol blanco, en buen estado de conservación.



El tercio superior de la faz se encuentra en blanco. Presenta un gnomon consistente en varilla horizontal de metal. Las líneas horarias parten de la base del gnomon y llegan a una semicircunferencia bajo la que se inscriben las marcas horarias (de las seis a las seis, en la marca horizontal), anotadas con numeración árabe, excepto el dos que va en número romano, y leíbles desde la base. El cinco presenta una grafía anómala. Su única ornamentación consiste en una especie de marco, creado por un rectángulo cercano al borde de la faz (dudoso en la parte superior), en cuyo interior quedan inscritos todos los elementos del reloj.

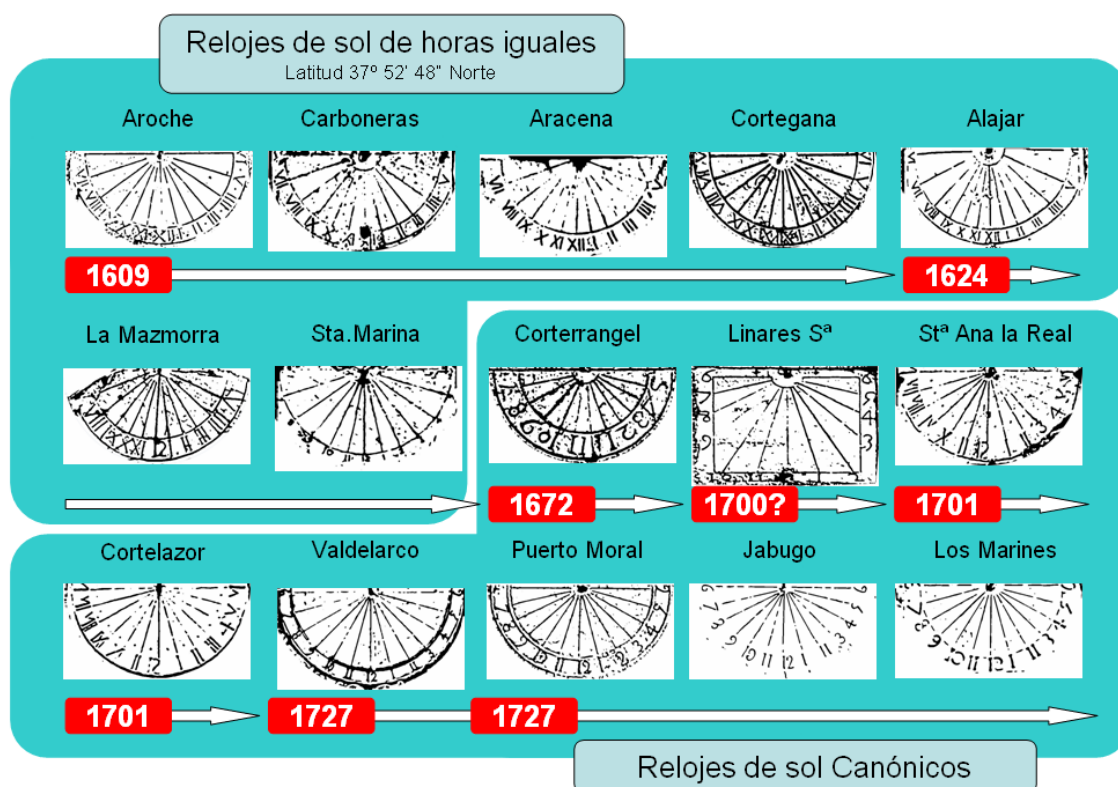


## SIMILITUDES Y DIFERENCIAS: EVOLUCIÓN DEL TRAZADO

Mediante el tratamiento gráfico informático de las imágenes hemos obtenido unos calcos de ellos que tras su ordenación temporal en función de la fecha de construcción, nos han permitido someterlos a un sencillo análisis comparativo de su trazado y diseño y que, a su vez, nos ha llevado a establecer las semejanzas, ya comentadas, y las diferencias más destacadas entre ellos.

- **En relación al tipo de trazado**, se comprueba la existencia de relojes de sol con horas iguales y relojes de sol canónicos, con 15° de diferencia entre cada línea horaria.
- **Según el tipo de numeración**, mayoritariamente incluida en el limbo, por lo que hemos distinguido entre numeración arábiga o numeración romana.

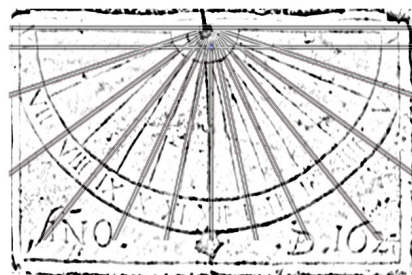
Establecida esta clasificación, y una vez ordenados cronológicamente atendiendo al año de construcción, cuando aparece en el reloj, o estimándolo, en caso contrario, en función del año de terminación del edificio que lo alberga o en función del diseño que presenta, poniendo éste en relación con los restantes y entendiendo una lógica evolución en la inclusión de caracteres de los numerales horarios, hemos llegado a las siguientes conclusiones:



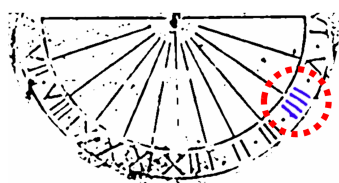
Se comprueba una clara distinción en el trazado de las líneas horarias ya que no es sino a partir del reloj de Corterrangel [1672] cuando se trazan en líneas horarias iguales, sorprendiendo que sea precisamente en estos últimos trazados, cuando se supone un mayor conocimiento científico, cuando se vuelve al trazado de relojes de sol canónicos<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Así son denominados por Javier Martín-Artajo y Jacinto del Buey Pérez en su libro sobre Guadalajara debido a que se encuentran en las fachadas de conventos e iglesias y que consisten "en una semicircunferencia, cortada en la parte superior por un diámetro horizontal, de cuyo centro parten radios que son las líneas horarias, formando ángulos iguales entre sí, siendo la línea vertical la de las 12 horas". Este tipo de reloj, como hemos visto, son

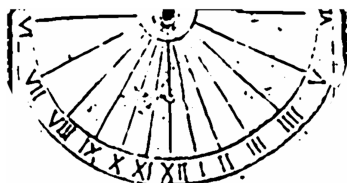
Por otro lado el trazado de líneas iguales, adaptadas a la latitud de lugar, a falta de la obtención de un calco directo de cada una de las piezas para su exacta comprobación, nos parece bastante certero, salvo en el caso de Alájar [1624] en el que se aprecia un inaceptado señalamiento horario.



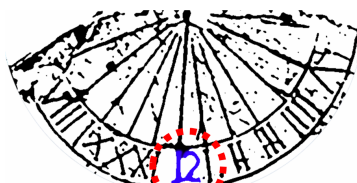
Asimismo se comprueba una evolución en cuanto a la inclusión de la numeración horaria, apareciendo inicialmente sólo romana<sup>2</sup> (Aroche [1609], Carboneras, Aracena, Cortegana y Alájar [1624]), para más tarde, en el último cuarto del siglo XVII, incluir la hora meridiana en numeración árabe (La Mazmorra) e ir apareciendo numeración exclusivamente árabe (Santa Marina, Corterrangel [1672], Linares de la Sierra [1700]), o romana conviviendo con algunos numerales en caracteres árabigos (Santa Ana la Real [1701] y Cortelazor [1701]) para, finalmente, aparecer numeración generalmente árabe, con persistencia del 2 con numeración romana [II] (Valdelarco [1727], Puerto Moral [1727], Jabugo y Los Marines)



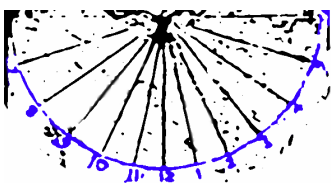
Aroche [1609]



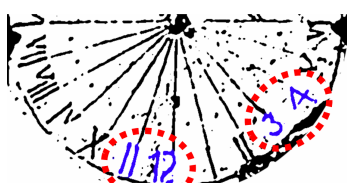
Alájar [1624]



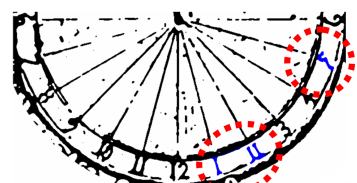
La Mazmorra



Santa Marina



Santa Ana la Real



Valdelarco

comunes entre los existentes en la Sierra de Aracena encontrándose asimismo otros ejemplares con similar trazado en la cercana población de Calañas.

Hay que distinguir el término “canónico” aplicado a los relojes de sol, como instrumentos de medición del tiempo de su aplicación al sistema de conteno de tiempo ya que mientras que en el primer caso, hemos expuesto su significado en los párrafos anteriores, en el caso de las horas canónicas son las horas desiguales utilizadas en los monasterios cristianos que generalmente se obtenían mediante el denominado “reloj de misa”. Libro citado: Relojes de Sol de Guadalajara. MARTIN-ARTAJÓ G., J. y DEL BUEY PÉREZ, J. Diputación Provincial de Guadalajara. Servicio de Cultura. 2004

<sup>2</sup> La numeración romana nos ofrece dos grafías para el número cuatro. En unos casos se usa “IIII” y en otros “IV”. El primer ejemplo se da en los relojes serranos antiguos (iglesia de San Marcos de Alájar; Casa de la Inquisición de Aracena; iglesia de San Antonio Abad de Carboneras, Aracena; iglesia de Ntra. Sra. de la Asunción de Aroche; iglesia del Divino Salvador de Cortegana; y calle Vicente F. Campos -interior- de Zufre). La segunda inscripción se da en relojes contemporáneos (calle Iglesia de Cortecóncepción y edificio Vista Hermosa de Navahermosa, Galaroza) y en el exterior de la calle Vicente F. Campos de Zufre, que -aunque antiguo- no es originario de nuestra comarca.

Llama por último la atención la grafía utilizada para el número cinco, que parece corresponder a alguna forma antigua de escribirlo. Además de en estos relojes (Jabugo, Linares de la Sierra, Los Marines, Puerto Moral y Valdelarco), podemos encontrarla en un cuadrado mágico que Alberto Durero (Nuremberg 1471- íd.1528) representó en su obra “Melancolía I”.

En cuanto a la orientación de la lectura de la numeración, dado que estamos ante relojes verticales situados a una cierta distancia y que han de ser leídos siempre desde su parte inferior, resulta chocante que en los casos de Cortegana y Corterrangel, esta aparezca en su totalidad invertida, es decir para ser leída desde el centro del cuadrante.



Cortegana (~1624)



Corterrangel (1672)

## OTRAS PIEZAS DEL INVENTARIO

Aparte de las quince piezas comentadas existen en la comarca otros interesantes ejemplares que comentamos a continuación.

Algunos de ellos tienen curiosas historias tras de sí, como el caso de **Zufre**, donde en la fachada de la casa nº 11 de la calle Vicente F. Campos se conserva sólo con una función ornamental, un cuadrante del que las primeras referencias que tiene sobre él su actual dueño lo sitúan en Cádiz hasta 1895, en la fachada de un palacete cercano a la catedral.



El reloj es de origen italiano y pertenecía a una familia, asentada en la capital gaditana, dedicada a negocios de comercio marítimo. En esa fecha su bisabuelo lo adquirió y lo llevó a Cumbres de San Bartolomé, donde lo emplazó en su

vivienda, en la antigua calle La Fuente. Allí permaneció hasta el año 1970, de donde fue retirado antes de que la familia vendiera la casa. En 2008, el biznieto lo ha colocado en la fachada de su domicilio, aunque sin seguir criterios gnomónicos, donde luce ante cuantos zufreños pasan por su puerta.

En el IES “San Blas” de **Aracena** se encuentra el “pabellón del Reloj de Sol”, aulario construido en el curso 1990/1991, así denominado porque sobre su fachada de acceso se ha situado un curioso reloj vertical de moderno trazado.



En **Corteconcepción**, en las inmediaciones de la iglesia de Nuestra Señora de la Concepción, en pleno empedrado de la calle Iglesia, se encuentra el único reloj de sol horizontal de cuantos existen en la Sierra.



Aunque en realidad, podría tener alguna leve inclinación, ya que está integrado en un suelo que guarda una cierta pendiente. El reloj consiste en una placa de roca pulida de color oscuro, con forma de rombo. Carece de gnomon, porque fue eliminado por algún desaprensivo al poco tiempo de su colocación, ya que los conductores que pretendían aparcar en la zona lo consideraban un obstáculo para sus propósitos. En su día fue una varilla metálica recta, perpendicular al plano del reloj. Las líneas horarias marcan de las seis a las ocho, formando un abanico de doscientos diez grados, parten de las inmediaciones de la base del gnomon hasta llegar a los números que marcan las horas. Tales números son leíbles desde el vértice en el que figura la leyenda y están anotados con grafías romanas. La leyenda reza el texto: “Corte Concepción año MCMLXXXVIII”.

Finalizamos el inventario de relojes de la Sierra de Aracena, existentes a la fecha de realización de este artículo, con uno existente en la fachada de la vivienda marcada con el nº 5 de

**Navahermosa, Galaroza**, que se encuentra entre la plazoleta de la parada del autobús y la Plaza del Tamborilero Marcelino Moya del tipo que algunos autores denominan “decorativo” otros “industriales” por su producción en serie, pero en cualquier caso de nula utilidad gnomónica pues su trazado no responde a ninguna premisa científica, sólo situado con la intención de “completar” un espacio.



Carece de leyenda, pero una plaquita en la misma fachada con la anotación del año 2004 nos hace pensar que en esa fecha (¿final de las obras de restauración de la vivienda?) pudo ser el momento de su colocación. En definitiva, una aberración gnomónica en medio de tanto patrimonio histórico conservado.

## RELOJES DESAPARECIDOS

Desgraciadamente, algunos de los relojes de sol que antaño jalonaron nuestra comarca ya no continúan marcando las horas.

- Así, el reloj de sol que durante años se alzó orgulloso en los muros del ayuntamiento de **Fuenteheridos** fue retirado durante las obras de restauración de ese edificio.
- También en unas obras fue sustituido otro reloj de sol que estaba ubicado en el cortijo de la finca La Muñoza, cerca de la aldea aracenesa de **Jabuguillo**.
- El castillo de Torres, en **Cumbres de San Bartolomé**, tenía en sus muros algunos restos de lo que antaño fue un reloj de sol marcado sobre el enfoscado. Cuando acudimos al lugar, como los muros están cada vez más derruidos, ya no quedaba ningún vestigio de aquel reloj.



- Por otra parte, en un contrafuerte de la fachada delantera de la iglesia de Santiago el Mayor, en **Castaño del Robledo**, existió un reloj que hemos podido ver en una imagen que forma parte de un archivo de fotos antiguas de la localidad.
- En la fachada meridional de la torre de la iglesia de **Higuera de la Sierra**, se observa la “sombra” de un antiguo reloj solar del que sólo se divisa actualmente su limbo cuadrado insertado de lóbulos en el centro de cada uno de sus lados.
- En un muro del patio interior de una casa de la calle Talero, de **Jabugo** sólo se conserva un tosco trazado circular directamente sobre el muro encalado, sobre el que se han señalado doce líneas y en el centro, el orificio que debió albergar el gnomon, y que según los actuales dueños de la casa, ha estado muchos años completo.

## RELOJES DE SOL “SUPLANTADOS”

Tras la descripción realizada de relojes antiguos y modernos, existentes o de los que no se conservan, queremos comentar que a veces la población tiene por relojes de sol a algunos que no lo son. Numerosas personas de **Cortegana** nos alertaron sobre un reloj de sol en la calle Hermanas Reyna. Cuando acudimos a inventariarlo nos encontramos con un viejo reloj de piedra mecánico que había perdido los mecanismos que antaño impulsaron sus agujas. Algo parecido nos ocurrió cuando acudimos a **Cumbres Mayores**, llevados por nuestra precipitación al ver un reloj de piedra en una foto de la torre de la iglesia de San Miguel Arcángel. En realidad se trataba de otro reloj mecánico, fuera ya de uso.



Asimismo sorprende la ubicación del reloj mecánico situado sobre un muro esviado en la espadaña de la iglesia parroquial de Ntra. Sra. de la Concepción, de **Corteconcepción**, y que, por esa razón hace sospechar de que ha sido colocado “aprovechando” el limbo de uno antiguo solar. Pero no, su ubicación no responde a tal premisa sino que fue dispuesto de esta forma con objeto de que fuera visible desde la población, ya que el frontal de la iglesia mira hacia el campo.



Foto: Jesús Marín

## ITINERARIO GNOMÓNICO POR LA SIERRA DE ARACENA

Por último y con la excusa de conocer el rico patrimonio gnomónico comentado existente en la Sierra de Huelva, os invitamos a visitar la comarca proponemos la realización de un recorrido que partiendo de Aracena nos permita conocer toda su sierra.

A la capital cabecera de la comarca podremos acceder desde los cuatro puntos cardinales: Por el este desde la Ruta de la Plata A-66 en su salida 782; por el sur desde Huelva por la A-49/N-435 desde Trigueros-San Juan del Puerto; por el norte desde Extremadura por la N-435 pasando por Fregenal de la Sierra; y por el Oeste, desde Portugal por la IP8/N-433 Vila Verde de Ficalho-Rosal de la Frontera. Y partiendo de Aracena sugerimos la realización de cuatro rutas interiores que modificaremos según nuestro interés, agrupándolas en jornadas o distanciándolas en el tiempo.



#### Ruta#1:

##### Aracena – Corteconcepción - Puerto Moral - Santa Marina – Zufre - Aracena

Total recorrido: **60,4 kms.**

- Aracena-Corteconcepción: **8,2 kms.** Por la N-433 dirección Sevilla A unos 4,5 kms. Desvío a la izquierda por la HU-8129 hasta alcanzar la población.
- Corteconcepción-Puerto Moral: **3,9 kms.** .
- Puerto Moral Santa Marina: Total recorrido: **5,5 kms.** Por la HU-130 alcanzamos la N-433 a unos 4 kms. y por ésta, en dirección Sevilla, a unos 750 mts. Desvío hacia Santa Marina que alcanzamos a unos 700 mts.
- Santa Marina-Zufre: A una distancia de unos **17 kms.** La alcanzaremos tras retomar la N-433 y continuar en dirección Sevilla. A unos 11 kms. De la partida, nos desviamos por la A-461 alcanzando Zufre.
- Recorrido Zufre-Aracena: **25,8 kms.**

#### Ruta#2:

##### Aracena – Carboneras – Corterrangel - Los Marines – Cortelazor – Navahermosa – Valdellarco - Aracena

Total recorrido: **72 kms.**

- Desde Aracena, **Carboneras** se encuentra a unos **3,5 kms.** Por HU-8126.
- Desde esta población nos dirigiremos por la HU-9109 en dirección a **Corterrangel** distante unos **7 kms.** A unos 2 kms. De Carboneras, empalmamos con la HU-8125. Llegaremos a Corterrangel, tras pasar por Castañuelo.
- Desde Corterrangel bajamos por la misma HU-8125 y tras alcanzar Aracena, nos dirigimos por la N-433 hacia **Los Marines**,

que alcanzaremos tras recorrer unos **14,5 kms.**

- Nuevamente desde Los Marines por la HU-8122 alcanzamos **Cortelazor**, distante unos **6,2 kms.**
- Nuestro nuevo destino es Navahermosa, para lo que nuevamente volvemos hacia Los Marines y desde allí retomamos la N-433 dirección Portugal. A unos 5 kms. Por la HU-8119, alcanzaremos Navahermosa tras recorrer unos 7 kms. desde este desvío. Total Cortelazor-Navahermosa: **18,5 kms.**
- Desde Navahermosa continuamos por la HU-8119 en dirección Valdellarco. A 1 km. Empalmamos con la HU-8117, y a unos 2 kms. Nos desviamos por la HU-8116 alcanzando Valdellarco tras recorrer otro kms. Aproximadamente. Total Navahermosa-Valdellarco: **4,2 kms.**
- Nos volvemos a origen: Distancia entre Valdellarco y Aracena: **18,1 kms.**

#### Ruta#3:

##### Aracena – Jabugo – Cortegana – Aroche - Cortijo La Mazmorra - Aracena

Total recorrido: **88,2 kms.**

- Aracena-Jabugo por la N-433: 18,9 kms.
- Jabugo-Cortegana: 12,1 kms.
- Cortegana-Aroche: 15,3 kms.
- Aroche-Aracena: 41,9 kms.

#### Ruta#4:

##### Aracena - Linares de la Sierra – Alájar - Santa Ana la Real - Aracena (y Castaño de Robledo)

**Total: 40,6 kms.**

Desde Aracena hasta Santa Ana la Real, hay unos 19 kms. aproximadamente que transcurren por la HU-8105,

- Aracena-Linares de la Sierra: 8 kms.

- Linares de la Sierra-Alajar: 7,2 kms.
- Alájar-Santa Ana la Real: 6,7 kms.
- Santa Ana la Real-Aracena: 18,7 kms.

Sierra de Aracena, con cuatro entradas, paraíso oculto que nos sorprende, también, en clave gnomónica y que invitamos a descubrir.

Para más información sobre los relojes de sol de la provincia de Huelva, puedes visitar la dirección web <http://relojesdesolonubenses.blogspot.com>

© Texto: Ignacio Garzón González, Esteban Martínez Almirón, mayo 2011  
© Fotografías: Ignacio Garzón González y Jesús Marín (Cortijo La Mazmorra)

# Carpe Diem

Nº 39 Edición trimestral

Revista de gnomónica

Junio 2011

La primera revista digital de gnomónica en español  
Joan Serra Busquets

## POEMA GNOMÓNICO

Por Antonio Barceló



### EL MEJOR DÍA DEL AÑO

El mejor día del año no es cualquiera,  
no es el que señalamos con el dedo,  
ni el que hacia ti mirando sonriera,  
sino el que, con amor, te rodeara  
en una improvisada Primavera.

El mejor día del año es el que invade  
y luce ante nosotros la bandera  
de la paz y el sosiego, sin que nunca  
le abriéramos la puerta,  
el que puede acercarse sigiloso,  
con beso a flor de labio, y no quisiera  
aislarse en egoístas pretensiones  
amando a su manera.

Mirando al cielo azul de eternidades,  
sería un cielo limpio, sin barreras,  
como el mejor de todas las edades;  
un día incomparable que se viera  
en el podium triunfal de ese buen nombre  
que tiene la mejor de las carreras:  
¡ Relojero, sin par, que diera vida  
al Cuadrante Solar de mi quimera ¡

-----

[Antonio Barceló Roldán.](#)