

No paséis el tiempo soñando con el pasado y con el porvenir; estad listos para vivir el momento presente.

Mahoma

Solsticio de invierno

Día 21 de Diciembre a las

23:38 U.T

El sol entra en Capricornio.

Día 21 de Diciembre eclipse total de Luna, visible en toda América, NW de África, N y extremo W de Europa y N de Asia

SUMARIO DE LA EDICIÓN DE DICIEMBRE 2010



Anillo de Hiparco (Continuación). De Francesc Clarà

De la maqueta del artículo anterior a un reloj de sol de pared siendo el segundo ejemplar que hay en España, que yo conozca. Una propuesta muy original.

Calendario perpetuo. De Luís Hidalgo

Historia, construcción y modo de empleo de un calendario perpetuo.

Determinación de la meridiana por medio de un reloj de bolsillo. De Rafael Soler

Estudio y análisis crítico del método popular de determinar la meridiana mediante las agujas de un reloj mecánico de bolsillo o de pulsera.

Cilindro vertical lateral, o meridiano. De Joan Serra.

Método gráfico, y también analítico, para calcular y diseñar relojes cilíndricos meridionales o laterales.

El reloj de sol canónico de Santa María de Estíbaliz. De Pedro Novella

Descripción de un reloj canónico en el santuario de Estíbaliz, del s. XII, en Álava.

Relojes de Vitoria XV. De Antonio Cañones. Pedro Novella Y M^a Josefa Urteaga

Apéndice de este voluminoso y completo trabajo.

El libro reloj de sol de Santa Marina de Torre (León). De Rogelio Meléndez

Descripción de un reloj polar en forma de libro.

El primer reloj de sol portátil. De Francisco Polop

Estudio del reloj egipcio llamado de Tutmosis III y de las teorías distintas sobre su forma y funcionamiento.

El reloj de sol de La Baumette. De Manuel Pizarro

Detallada descripción de un reloj con “sombbrero filtrante” descubierto por el autor.

John Constable. De Francisco Javier Albertos

Reseña sobre este pintor británico y su cuadro de la iglesia de St. Mary en la que hay un reloj de sol.

Calendario, fases lunares, datos solares y otros (Hoja de cálculo). De Manuel Núñez

Los Tudor, otro reloj de sol (2). De Joan Serra.

Un reloj horizontal en la serie Los Tudor.

Poema gnomónico. De Antonio Barceló



TALLER DE BRICOLAJE Anillo de Hiparco (Continuación)

Por Francesc Clarà

En cierta manera, el presente Taller de Bricolaje es continuación, o más bien consecuencia, del publicado con el mismo título en el anterior número de Carpe Diem.

Resulta que hace unos diez años, un familiar me brindó la oportunidad de calcular y construir un reloj de sol en su domicilio de la Costa Brava. (Ver Figura nº 1)



Figura 1

A la vista de mi reciente maqueta y después de leer el artículo sobre la misma, mi pariente me propuso añadir un Anillo de Hiparco a su reloj de sol.

Acepté encantado la idea, considerando que la simplicidad del diseño del reloj y la ausencia de líneas horarias, lo hacía muy adecuado para acoplarle el nuevo artilugio, aunque he de confesar que, aparte la antes citada maqueta, mi experiencia sobre el Anillo de Hiparco era prácticamente nula.

El primer problema que se me presentó fue como colocar correctamente el anillo, ya que la pared en la que está situado el reloj declina 3° al Oeste y la maqueta que yo había construido estaba orientada exactamente al Sur.

Después de experimentar con un montaje de cartones, alambres y una linterna, llegué a la lógica conclusión de que si la característica principal del Anillo de Hiparco es que en los equinoccios proyecta una única sombra lineal, la manera de que esto sucediera sobre una pared declinante era situando el anillo de forma que su plano coincidiera con la línea equinoccial del reloj.

Como la línea equinoccial de cualquier reloj de sol es siempre perpendicular a la subestilar, calculando el ángulo de ésta respecto a la vertical con la conocida fórmula:

$$\text{tangente subestilar} = \text{cotangente latitud} \cdot \text{seno declinación}$$

pude determinar la inclinación que debía tener el anillo respecto a la horizontal.

De manera similar, si el plano del anillo es perpendicular al gnomon, calculando el ángulo de éste respecto a la pared vertical con la segunda fórmula:

$$\text{sen gnomon} = \text{coseno latitud} \cdot \text{coseno declinación}$$

deduje que la inclinación del anillo respecto a la pared equivaldría al complementario del ángulo del gnomon en el polo del reloj.

En la Figura nº 2 puede verse la representación gráfica de estos cálculos.

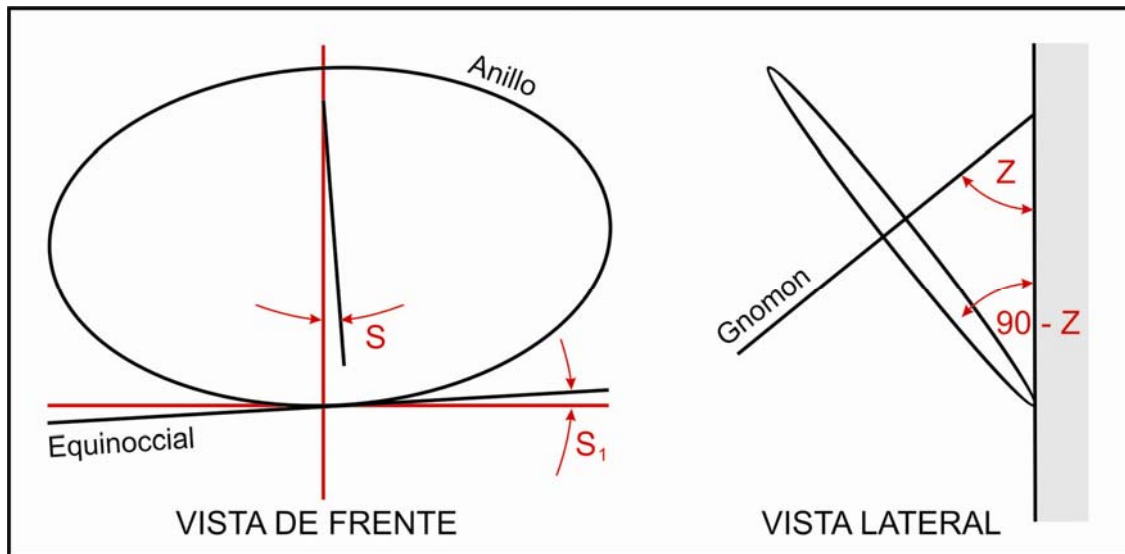


Figura 2

Una vez determinada teóricamente la correcta colocación del Anillo de Hiparco sobre el reloj de sol, quise visualizar el efecto que producirían las sombras proyectadas a diferentes horas, en los días de los solsticios y equinoccios.

La geometría nos dice que la proyección de un círculo sobre un plano es una elipse más o menos achatada según sea la dirección de proyección que se tome. En este caso la dirección de la proyección viene determinada en cada momento por la posición del Sol en el firmamento o sea por su altura y azimut en aquel instante.

En las simulaciones de las Figuras 3, 4 y 5 pueden visualizarse las sombras que proyectará el Anillo de Hiparco, sobre la superficie del reloj, a las 9 de la mañana, a las 12 del mediodía y a las 3 de la tarde de los días del solsticio de invierno, equinoccios y solsticio de verano, respectivamente.



Figura 3



Figura 4



Figura 5

Solucionada la parte teórica el siguiente paso fue decidir sobre el terreno el tamaño del anillo. Después de algunos tanteos con unos aros provisionales, convinimos que 60 centímetros era el diámetro estéticamente más adecuado teniendo en cuenta las dimensiones del reloj.

Encargamos la construcción del aro a un cerrajero artesano de la localidad, mientras yo me dedicaba a preparar dos plantillas que nos facilitarían la correcta fijación del anillo en el lugar exacto.

La foto de la Figura nº 6 corresponde a la plantilla que nos permitiría soldar, con los ángulos que previamente habíamos calculado, el anillo sobre la placa de sujeción que después lo fijaría a la pared con las inclinaciones correctas.



Figura 6



Figura 7

La foto de la Figura nº 7 corresponde a la plantilla que nos permitiría colocar el anillo exactamente centrado y perpendicular al gnomon del reloj de sol.

Nos organizamos por tenerlo todo preparado para montar el Anillo de Hiparco el pasado 23 de Septiembre, equinoccio de Otoño, día en que la sombra elíptica del anillo quedaría reducida a una sola y única línea recta, lo que nos permitiría corregir, si fuera necesario, las pequeñas desviaciones producidas por las posibles irregularidades de la superficie de la pared, la contracción de las soldaduras, etc.

Pero, como dice el refrán, “El hombre propone y (en este caso) la meteorología dispone”. El día 22 amaneció nublado y así continuó el día siguiente y el siguiente...

Al quinto día decidimos montar el anillo, como puede verse en la secuencia de fotos de la Figura nº 8 y aunque procuramos hacerlo con la máxima precisión y cuidado, tendremos que esperar hasta el próximo equinoccio de Primavera, si el tiempo nos lo permite, para poder comprobar prácticamente su correcta instalación.

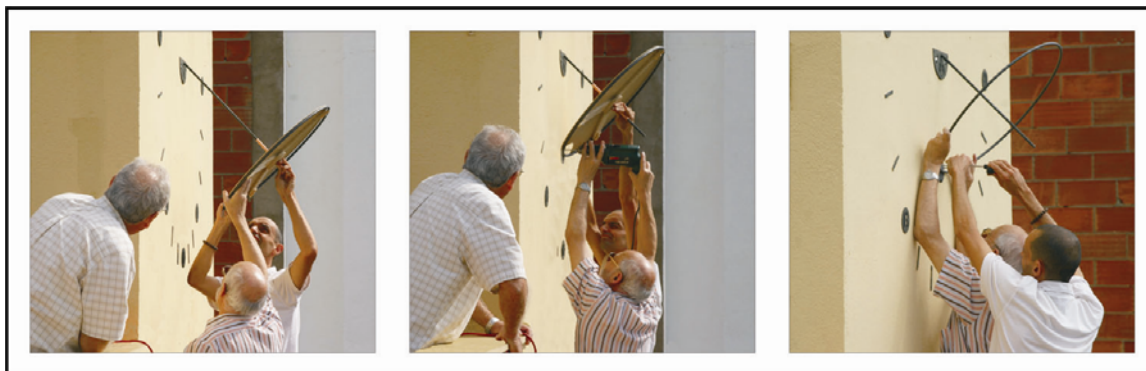


Figura 8

Mientras tanto, para haceros una idea de cómo ha quedado el reloj de sol con el Anillo de Hiparco colocado, en la Figura 9 podéis ver una foto tomada a primeros del pasado mes de noviembre.

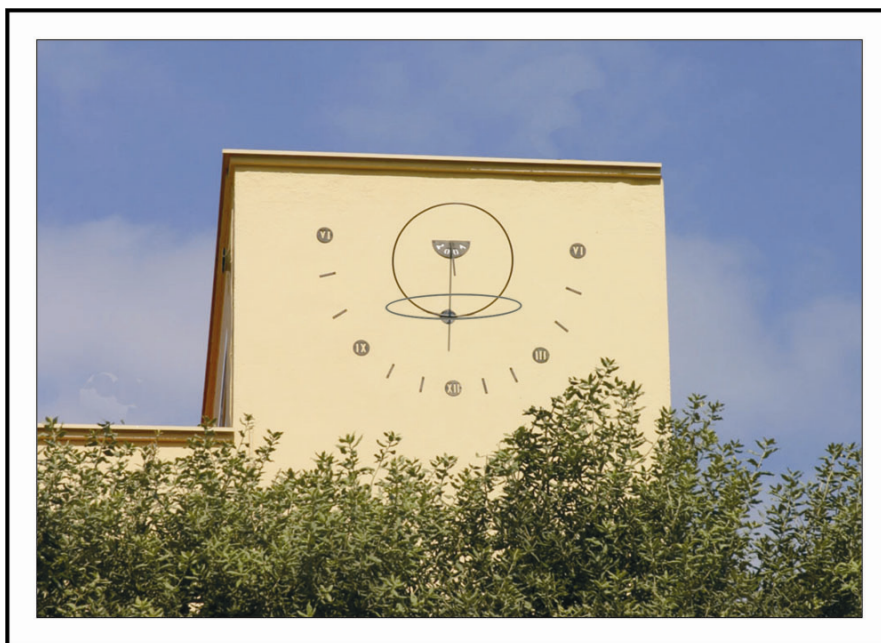


Figura 9

Finalmente, nuestra intención es completar el conjunto situando en la pared, sobre la vertical de las 12, dos marcas o señales que coincidan con los extremos de las sombras elípticas proyectadas al mediodía el día de los solsticios de verano e invierno respectivamente. De esta forma el Anillo de Hiparco, además de los equinoccios, nos indicará también las fechas exactas de estas dos efemérides.

CALENDARIO PERPETUO

Por Luís Hidalgo Velayos

Un poco de historia

En el año 45 antes de Jesucristo por mandato de Julio Cesar se establece el calendario Juliano en el que la duración del año es de 365 días, intercalando uno adicional (bisiesto) cada cuatro años para ajustarse mas a la duración del año trópico, con lo que la duración anual era de 365.25 días .También ordena en ese año, el llamado año de la Confusión de 452 días debido al retraso de 87 días que se llevaba hasta entonces. Se daba el hecho de que se invocaba a los Dioses para obtener una buena cosecha cuando ésta ya estaba recogida en el granero

En el concilio de Nicea año 325 de nuestra Era, el error de los 11minutos anuales de exceso sobre el año trópico, error ya conocido, que multiplicado por 325 acumula un error de tres días que se corrigen sin tomar ninguna medida para que no se vuelva a cometerse el error en años sucesivos.

Durante el Papado de Gregorio XIII astrónomos y matemáticos se dieron cuenta que había cierta discrepancia entre las fechas y su correspondencia con la realidad astronómica para dichas fechas. Tras unas consultas previas a la universidad de Salamanca en 1578, Ignacio Danti, Pedro Chacón entre otros, nombrados por comisión por este Papa, se estableció la Reforma Gregoriana que entró en vigor el 4 de Octubre de 1582. Esta Reforma consistió en los siguientes hechos :

1º) Como la duración del año trópico según el calendario Juliano era de 365.25 y realmente es de 365.2422 días, como se sabía desde antiguo, había una diferencia de 0,0078 de día mas largo, que equivale 11 minutos por año y que en los años transcurridos desde el 325 hasta el 1582, (1257) años, arrojaba un retraso en fechas de 10 días por lo que al día 4 de Octubre del año 1582 le siguió el 15 de Octubre respetando el día de la semana que le correspondería como siguiente. Como hecho curioso Santa Teresa de Jesús murió el 4 de Octubre, según el calendario Juliano, que caía en Jueves y la celebración del entierro fue el día siguiente Viernes día 15 de Octubre (fecha de inicio del calendario Gregoriano) en lugar del 5 del mismo mes. En la actualidad el retraso es de 13 días que se mantendrá hasta el 28 de Febrero del 2100.

Asimismo se establecía el hecho de que la entrada de la primavera fuera el 21 de Marzo, en lugar del 10 del mismo mes, como venía sucediendo antes de dicha Reforma, pues había un retraso de 10 días sobre el calendario Juliano.

2º) La reforma Gregoriana no se conformó con subsanar la diferencia que se había cometido hasta entonces, sino que supo prever la forma de que no se volvieran a producir tales retrasos, estableciendo que serían bisiestos los años divisibles por 4 y también los que fueran divisibles por 400 es decir 1600 2000, 2400, 2800. 3200. Aun así, se comete un error de 26 segundos anuales y se aumentará un día cada 3.323 años Este calendario estaba destinado para uso civil y no para utilizarlo con fines astronómicos y para tal cometido cumple perfectamente su diseño.

3º) Se establece la fecha del día de Pascua (Domingo de Resurrección) que se celebrará el domingo siguiente a la luna llena posterior al equinoccio de primavera (21 de Marzo).

Se utilizan en el mundo alrededor de 40 calendarios y otros más que se han sido abandonados. Destaca el Gregoriano por dos motivos en primer lugar porque se basa en los fenómenos astronómicos del Sol y por lo tanto de las estaciones anuales, por seguir el ciclo solar que es el 28 años como se podrá observar en el presente modelo y en segundo, porque es el mas extendido en las relaciones internacionales diferenciándose del musulmán, basado el periodo sinódico lunar, siendo mas complejo por los diversos movimientos de la luna.

Este calendario es adoptado inmediatamente por los países católicos Italia, España, Portugal Francia, Polonia, Luxemburgo mientras que los de influencia inglesa Inglaterra e Irlanda lo adoptan en el 1752 es decir, 170 años después .Esta fecha tiene interés en la datación de instrumentos como son los cuadrantes y astrolabios de origen inglés en los que la fecha de la entrada en el signo de Aries antes del 14 de Septiembre del 1752, corresponde al 10 de Marzo y no al 21 de dicho mes. Estas dos naciones siguen el calendario Juliano hasta el día 2 de septiembre del año 1752 ,miércoles, al que le sigue el jueves día 14, que es la fecha de inicio del calendario Gregoriano, con un desfase de 11 días.. Rusia y Rumania son las dos naciones que lo adoptan más tardíamente en el 1918 y 1919 respectivamente.

Casi todos los calendarios perpetuos conocidos analógicos tienen poco de perpetuos, puesto que sus limitaciones oscilan entre los 50 años, totalmente insuficientes para cubrir los años de una vida. El presente abarca desde el 1 de Enero del año 1600 hasta el 31 de Diciembre del año 2799.-ampliables hasta 3199: Existen otros calendarios perpetuos que no son analógicos y que tienen que recurrir al cálculo hasta el año 3000 y otros fundamentados en programas informáticos, que aunque no requieren cálculo alguno, exigen el empleo de un ordenador para introducir el programa correspondiente.

El presente está basado en el periodo repetitivo de 400 años y en el ciclo solar que es de 28 años. Se ha deducido la letra Dominical mediante la cual funciona el presente calendario perpetuo..

También se ha tenido en cuenta en la confección de los meses la igualdad de los calendarios mensuales de los meses de (Febrero, Marzo y Noviembre) (Enero Octubre)(Abril Julio) (Septiembre Diciembre). y únicos Junio; Mayo y Agosto. Aunque el límite directo es el año 2799 y quisiéramos conocer un día de la semana en el año 2836 nada nos impide disminuir 4 unidades a la centena del año pedido, para obtener el día de la semana del año calculado, que en este caso sería el 2436 y así se consigue aumentar otros 400 años de funcionamiento. Ejemplo 15 de mayo del 2836; se quiere averiguar el día de la semana de ese año(que no está incluido en el calendario). Pero si nos vamos al año 2436 veremos que en esa fecha cae en JUEVES. Así el límite con el que se puede operar es $2799 + 400 = 3199$. Teóricamente si se añade 400 años más y se descuenta 8 unidades nos iríamos al año 3599 y operando de esta manera no tendría fin, logrando un perpetuo verdadero. Sin embargo se ha limitado a la fecha del 3199 porque según hemos indicado anteriormente en el año 3323 hay que hacer una corrección de un día.

A título de curiosidad comprobaremos que el día de la semana del 1 de Enero de un año es el mismo que el 31 de Diciembre del año que acaba y por consiguiente el día de la semana del año siguiente empieza con un día de semana, más. Ejemplo año 2005 el 1 de enero cae en sábado y el 31 de Diciembre es también cae en sábado, con lo que el 1 de Enero del año 2006 es domingo. Se exceptúa los años bisiestos en los que el día de la semana el 31 de Diciembre no es el mismo que el 1º de Enero, sino un día más de la semana y por ende el año que le sigue es 2 días de semana posteriores al año en curso..Ejemplo 2004 es bisiesto el 1 de Enero cae en jueves y el 31 de diciembre de dicho bisiesto cae viernes comenzando el año 2005 en Sábado

Otra de las curiosidades es que un calendario de un año que no sea bisiesto, de duración de 365 días, repite exactamente igual su estructura de meses y días de semana, cada 11 años, con la excepción de que si es bisiesto el hallado, lo hará cada 6 años en vez de los 11años Ejemplo año 2006 +11años =2017. El calendario del año 2006 es igual al del 2017. Si se resta al año de origen $2006 - 11 = 1995$ se obtiene otro año igual, por lo que el año de origen 2006 es el mismo que 1995 y 2017.

Pongamos otro ejemplo: Año 2005 +11 =2016 pero este año calculado es bisiesto, luego en vez de añadir los 11años tenemos que añadirle 6 años. De esta manera el año de origen 2005 será igual al 2011. Si se le resta al 2005 -11 = 1994 (año no bisiesto) y así el año 2005 es igual en su estructura al 2011 y 1994

Y si el año de partida es bisiesto (366 días) se repite cada 28 años (ciclo solar) del año. Así el año 2004 se repetirá los años 2032, 2060 y 2088 no existiendo más idénticos en ese siglo.

Hay una excepción para los años bisiestos cuando al sumarle o restarle 28 años al año de origen cae en un año falso bisiesto se le debe añadir o restar 40 años en vez de los 28 años Ejemplo año de origen $1872 + 28 = 1900$, que como no es divisible por 400, es un falso bisiesto, entonces al 1872 (bisiesto) se le suma 40 años = 1912. teniendo ambos la misma estructura.. E inversamente si al año 1912 (bisiesto) se le resta 40 años se obtiene el 1872

Los falsos bisiestos tiene la misma estructura, es decir, son iguales cuando se les suma o resta 6 años. Ejemplo: El año de origen 1900 (falso bisiesto) por no ser divisible por 400, al sumarle 6 años 1906 o restárselos 1894 tienen la misma estructura.

Con las notas precedentes seremos capaces de determinar los años Jacobeos cuando el 25 de Julio caiga en domingo. El último año Jacobeo, cuando escribo estas líneas, fue en el año 1999. Si se aplica la regla de los años no bisiestos encontraremos que el próximo año Jacobeo será aquel que tenga la misma estructura y por lo tanto si se le suma 11años tendrá lugar en el año 2010 y el siguiente ha de ser el año 2021, 2027, 2038, 2049, 2055 etc

Todas estas curiosidades se pueden seguir y comprobar con el presente calendario

Lo encontramos útil para investigaciones históricas, lógicamente dentro de los límites del calendario esto es, no anteriores al 1600. Ejemplo (caída de las torres gemelas en Nueva York el 11 9 2002), personales, nacimientos, cumpleaños bodas, viajes, operaciones administrativas, bancarias planificación de vacaciones etc. etc. cubriendo muchas de las actividades de la vida cotidiana, al disponer de calendarios mensuales de todo el año y especialmente de los venideros. En definitiva constituye un elemento decorativo y práctico, para tenerlo encima de la mesa de trabajo

Modo de empleo

Nada mejor que unos ejemplos para ver su funcionamiento. Imaginemos que deseamos saber el día de la semana de un acontecimiento personal: día del nacimiento, de la boda, o de cualquier evento en el que sabemos la fecha y el año pero ignoramos el día de la semana, día que deseamos conocer: Nos interesa saber el día de la semana de la coronación de S.M Juan Carlos I el 22 de Noviembre de 1975.

Cogeremos el calendario por la cara de la luna en la que hay una pieza móvil y otra fija. En la móvil en la que está representada la luna, a la izquierda, pone centuria en la que en la primera columna empezando por la izquierda que está, numerada de abajo hacia arriba con 16, 17, 18 y 19. Elegimos ésta, haciendo coincidir el **hueco** flanqueado por la derecha y que pone letra dominical, con el año del siglo que en este caso es 75 que está en la parte fija de la cara. Si se sigue por la fila curva hasta llegar al **hueco** vemos que la letra dominical es la E; ya tenemos la letra dominical. A continuación, damos la vuelta al calendario (dorso) en la que se encuentra representada la cara del sol. Aquí hay también dos partes, una fija y otra móvil. Hemos de hacer girar la parte móvil de tal modo que se enfrenten el mes de Noviembre con la letra Dominical E y en esa posición una vez fijo, aparece todo el mes de Noviembre del año 1975, hemos de fijarnos en el día 22. Si subimos con la vista por la columna del 22 hacia arriba vemos que el día coincide con una S, lo que indica que el día de la semana era un SABADO. Además de darnos la fecha (día de la semana) adicionalmente nos ofrece el mes completo de Noviembre.

Si nos fijamos mas detenidamente veremos que hay casillas de letra dominical que tienen dos letras dominicales.

Otro ejemplo para clarificar su razón. Elegimos el 15 de Mayo de 1992 día del Patrón de Madrid (San Isidro Labrador)

A) Nos fijaremos en la centuria 19 y el **hueco** lo hacemos coincidir con la columna del año 92 encontrándonos dos letras dominicales la E y la D, duplicidad que se da en todos los años *bisiestos*. La primera E, es válida “hasta el 1 de marzo” es decir para el 28 y 29 de Febrero incluidos, por lo que se debe aplicarse la letra dominical E. Desde el 1 de Marzo hasta el final del año (31 de Diciembre) debemos utilizar la D; así el 15 de Mayo debemos aplicar la D. Como hemos apreciado en el ejemplo anterior la cara de la Luna solo sirve para obtener la letra Dominical.

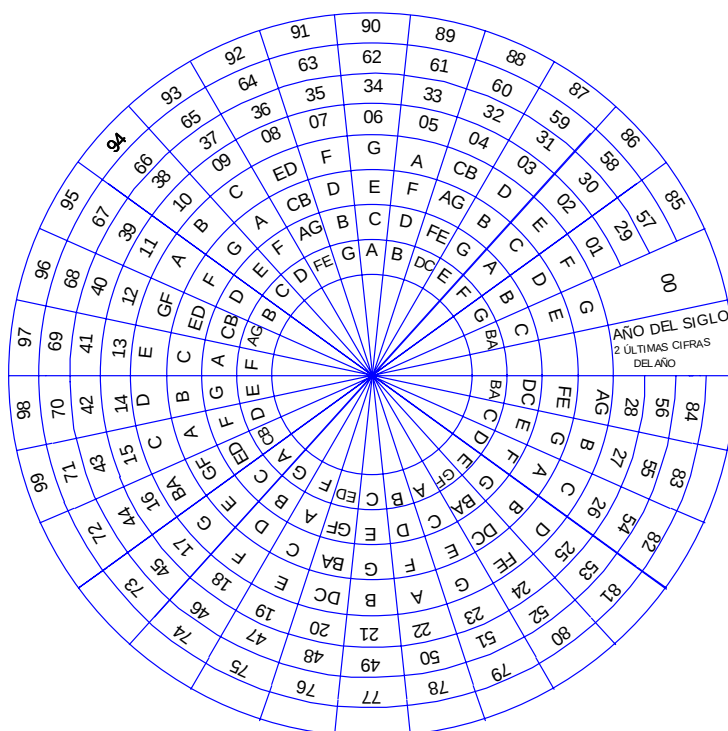
B) En el dorso (cara del Sol) enfrentaremos el mes de mayo con la letra D y el día 15 del mes que esta representado en la parte inferior, como todos los días del mes, lo seguiremos hacia arriba con la vista siguiendo su columna hasta que coincida con una V de VIERNES.

Deseamos conocer en que fecha cae el 29 de Febrero del año 1996. Como siempre se selecciona la fila de la centuria 19 y el hueco que hay en medio de la parte móvil, se lleva hasta la casilla del año 96 encontrándonos en la intersección de la fila del 19 con la columna del hueco con dos letras dominicales la G y la F por lo que nos damos cuenta que es bisiesto y como hemos indicado párrafos arriba, hemos de utilizar la primera es decir la G. Enfrentemos en el dorso el mes de febrero con la G y fijémonos que el día 29 de ese mes cae en JUEVES

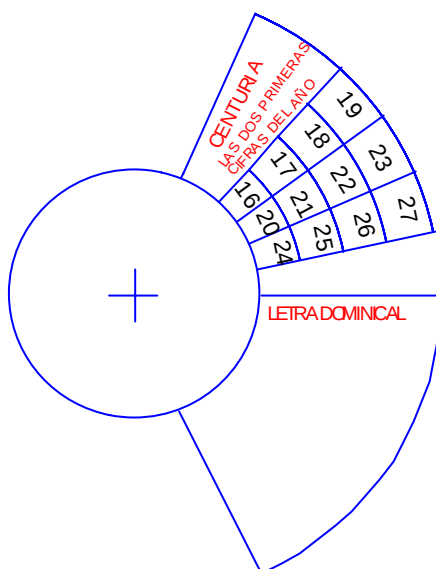
* Es evidente que al estar calculado para muchos años no solamente es útil para fechas del pasado sino nos sirve para el futuro. Nos lo demuestra el siguiente ejemplo: Una pareja desea casarse el año 2006 durante el mes de Julio y desea que la unión matrimonial tenga lugar un sábado de dicho mes y año, con el objeto de que muchos de sus amistades puedan asistir a la ceremonia. Se tropieza con la imposibilidad de disponer de algún calendario de ese año (estamos en el mes de **Noviembre del 2005**) La pregunta es; que días del mes pueden elegir?. En la faz elegiremos la cifra de la centuria 20 (última fila desde arriba, la que se encuentra entre el 16 y 24 y el hueco de los años del siglo, lo enfrentamos con el año 06 ; en la intersección visual de fila y columna aparece la letra dominical A. En el dorso enfrente el mes de Julio con la A y son sábados las siguientes fechas: 1, 8, 15, 22, 29 fechas en la que se puede elegir.

Como se habrá podido observar su utilización es rápida, sencilla, sin ningún cálculo, segura y muy útil que podrá disfrutar Vd, y que deseamos que sea durante muchos años así como para sus tataranietos y muchos choznos..

Anverso (Cara de la luna) Pieza fija



Anverso (cara de la Luna) Pieza móvil



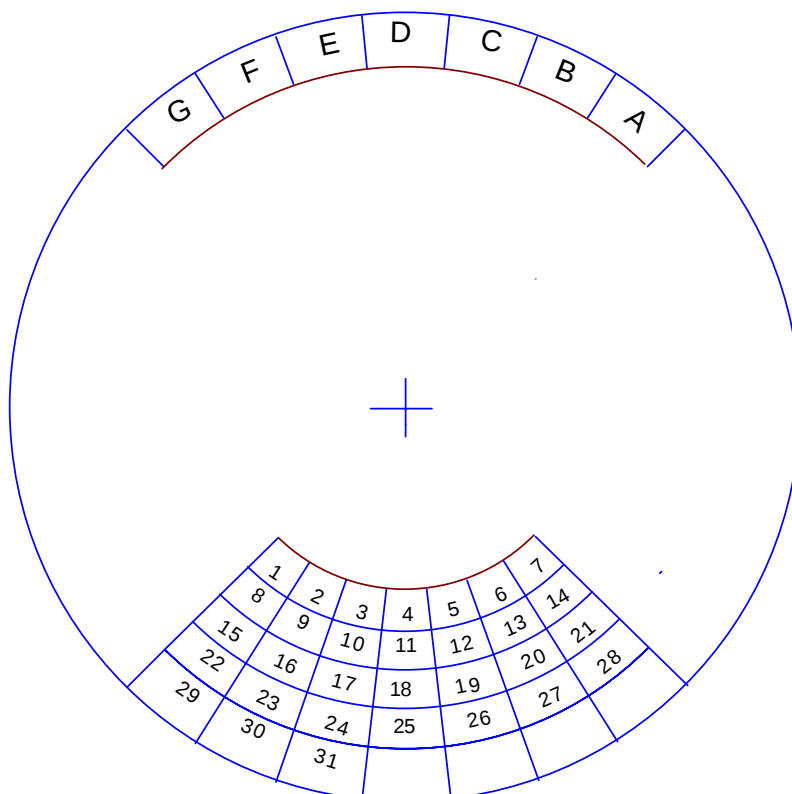


Anverso

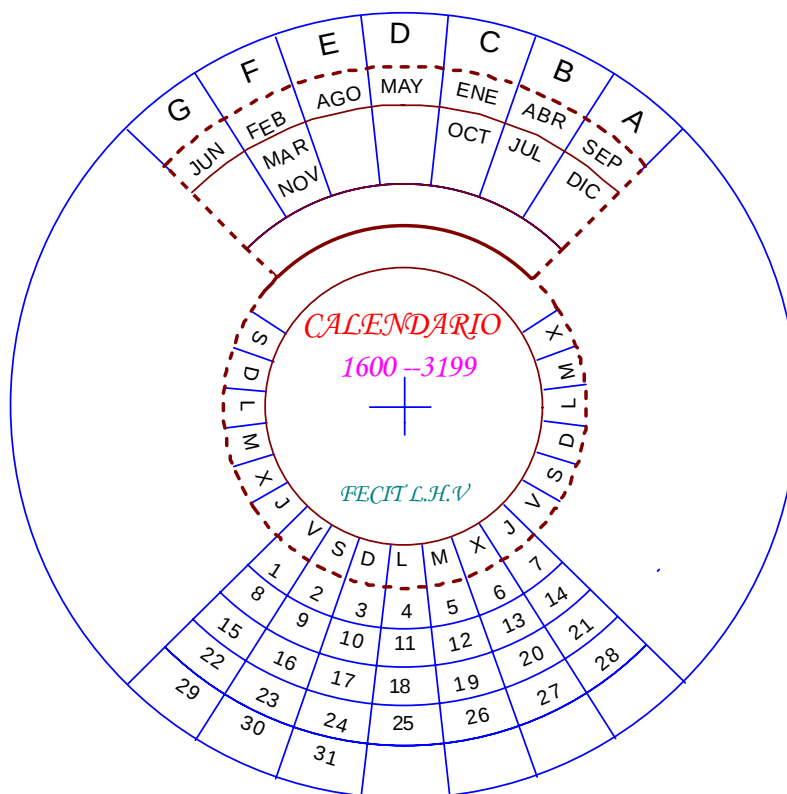


Reverso

Reverso (Cara sol) pieza fija



Reverso (cara del Sol) . La pieza móvil, en línea discontinua está acoplada sobre la fija



Basado en estos esquemas **Hemisferium** ha llevado a cabo su realización que está comercializada y disponible su adquisición. Fundado en dicho instrumento se ha hecho la presente descripción.

www.hemisferium.info/es-hemisferium--instrumentos-cientificos-antiguos

Luis Hidalgo * 2005

DETERMINACIÓN DE LA MERIDIANA POR MEDIO DE UN RELOJ DE BOLSILLO

Análisis crítico

Por Rafael Soler Gayà

Se analiza en el presente estudio el grado de aproximación de la regla para la determinación durante el día de la meridiana de un lugar por medio de un reloj de bolsillo, o de “faltriquera” como dirían antiguamente.

Consiste esta regla en disponer horizontalmente un clásico reloj de bolsillo de tal suerte que la aguja horaria (no la del minutero)- girada a una o dos horas antes, según el adelanto oficial de la época - apunte hacia el pie del Sol en el horizonte; la bisectriz del ángulo formado por la línea horizontal así definida y la de las 12 (mediodía) del propio reloj señala la meridiana. En la figura nº 1 se explica gráficamente el proceso en el supuesto teórico de hora verdadera y de que no hay adelanto alguno.

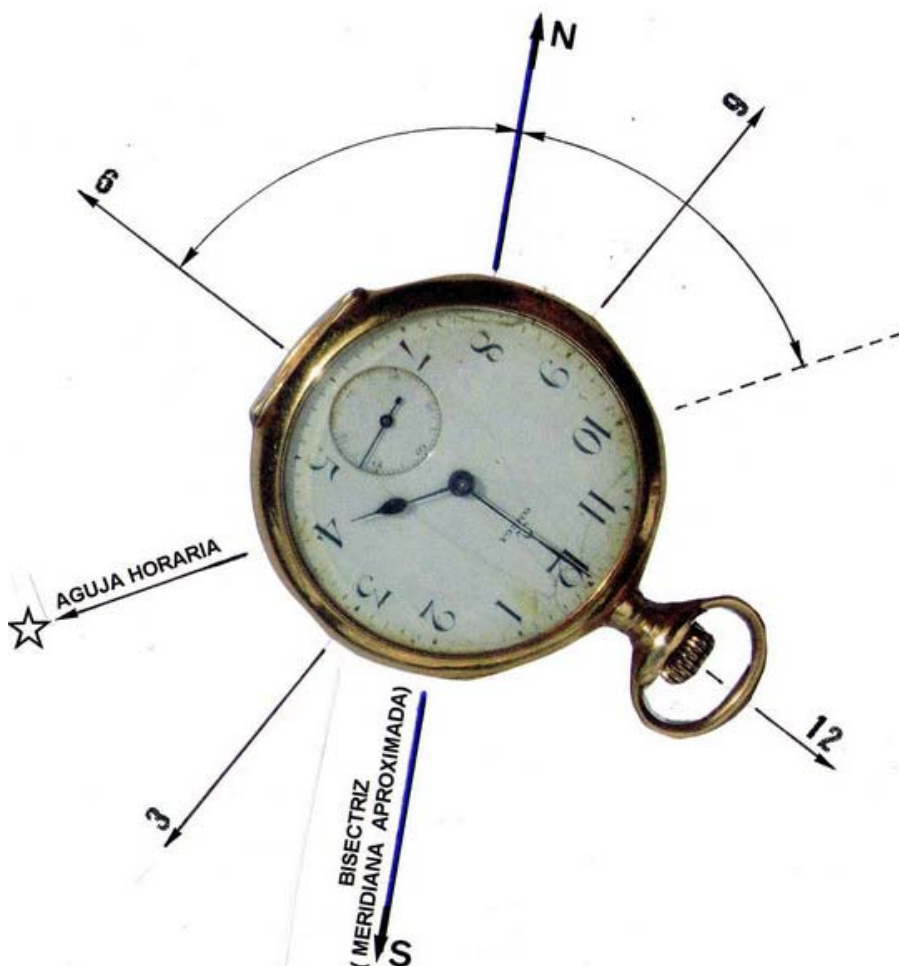


FIGURA 1

Ya se intuye la condición de tan solo aproximada de esta regla; se cuantificará seguidamente su grado de exactitud en función de la latitud del lugar y de la época del año definida por la declinación solar. Sea (figura 2, correspondiente a la 1 si el reloj marcara las 16h verdaderas) O el centro del reloj,

NOS la meridiana verdadera, OH la dirección de la aguja horaria dirigida hacia el Sol, por lo que el ángulo SOH será igual al azimut β , OM la dirección de las 12 en el reloj, por lo que el ángulo HOM será igual a 2ε , OB la bisectriz del ángulo HOM (la figura responde a las 4 de la tarde de un día del equinoccio en un lugar de latitud ϕ de $39,5^\circ$) la cual, sin error, debería coincidir con NS. El error vendrá dado, pues, por el ángulo SOB.

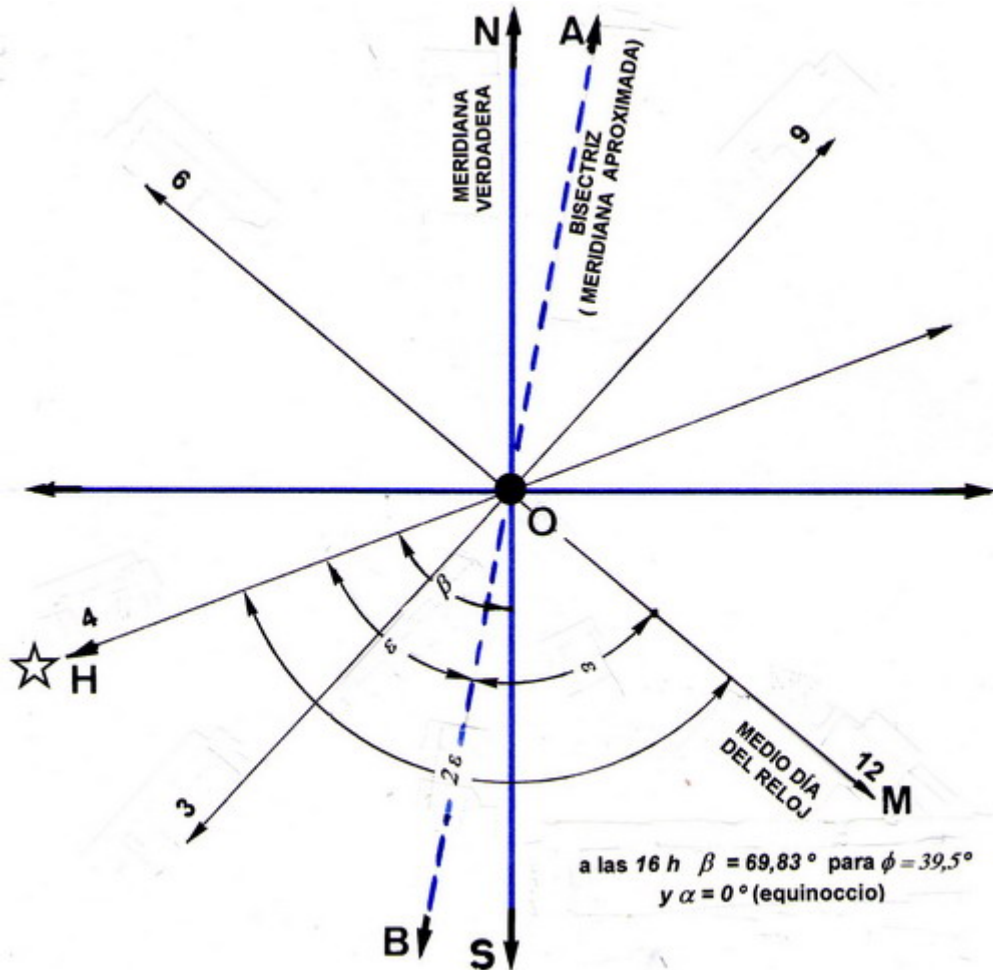


FIGURA 2

En un reloj de bolsillo ordinario el ángulo que recorre la aguja horaria de hora en hora es de 30° , es decir el doble del recorrido por el Sol en este tiempo en su órbita aparente que, como es sabido, es de 15° . Para calcular este error SOB se sabe pues que $HOM = 2\varepsilon$, $SOB = \beta - \varepsilon$, y, por la conocida fórmula del azimut, si:

$$\varepsilon = \text{ángulo horario}, \quad \phi = \text{latitud}, \quad \alpha = \text{declinación solar}, \quad \beta = \text{azimut}$$

se tiene: $\operatorname{tg} \beta = (\operatorname{sen} \varepsilon) / (\operatorname{sen} \phi \cos \varepsilon - \cos \phi \operatorname{tg} \alpha)$ por lo cual:

$$\operatorname{sen} SOB = \operatorname{sen} (\beta - \varepsilon) = \operatorname{sen} \beta \cos \varepsilon - \cos \beta \operatorname{sen} \varepsilon =$$

$$= [\operatorname{sen} \varepsilon \cos \varepsilon - \operatorname{sen} \varepsilon (\operatorname{sen} \phi \cos \varepsilon - \cos \phi \operatorname{tg} \alpha)] / [\operatorname{sen}^2 \varepsilon + (\operatorname{sen} \phi \cos \varepsilon - \cos \phi \operatorname{tg} \alpha)^2]^{1/2}$$

expresión que da el valor del error SOB en función de los parámetros interesados $\varepsilon, \phi, \alpha$. Aplicando los valores correspondientes entre Gibraltar y Dinamarca, en solsticios y equinoccios, de 5° en 5° de latitud, y de hora en hora verdadera con:

$$\phi = 35^\circ, 40^\circ, 45^\circ, 50^\circ, 55^\circ$$

$$\alpha = 23,45^\circ (\text{solsticio de verano}), 0^\circ (\text{equinoccios}), -23,45^\circ (\text{solsticio de invierno})$$

$$\varepsilon = 0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ, 90^\circ, 105^\circ, 120^\circ$$

se obtienen los valores del ángulo *SOB* de la tabla adjunta que ponen de manifiesto los apreciables errores en latitudes bajas los cuales disminuyen a medida que aumenta la latitud (en el polo sería siempre exacto a cualquier hora señalando el meridiano de Greenwich, como es obvio, y con error nulo según la fórmula para $\phi = 90^\circ$) y que disminuye la declinación solar, o sea el día está más próximo al solsticio de invierno. Y aumenta el error al no considerar la corrección por ecuación del tiempo o por longitud.

	EPSILON _								
	0	15	30	45	60	75	90	105	120
$\phi = 35$									
$\alpha = -23,45$	0,00	0,89	0,40	-2,10	-6,56	-12,54	-19,56	-27,09	-34,53
$\alpha = 0,00$	0,00	10,04	15,19	15,16	11,68	6,26	0,00	-6,26	-11,68
$\alpha = 23,45$	0,00	37,49	44,21	40,93	34,53	27,09	19,56	12,54	6,56
$\phi = 40$									
$\alpha = -23,45$	0,00	0,19	-0,64	-3,05	-7,05	-12,30	-18,38	-24,75	-30,72
$\alpha = 0,00$	0,00	7,63	11,93	12,27	9,64	5,23	0,00	-5,23	-9,64
$\alpha = 23,45$	0,00	26,89	35,83	35,19	30,72	24,75	18,38	12,30	7,05
$\phi = 45$									
$\alpha = -23,45$	0,00	-0,35	-1,45	-3,76	-7,32	-11,89	-17,05	-22,30	-26,90
$\alpha = 0,00$	0,00	5,75	9,23	9,74	7,79	4,27	0,00	-4,27	-7,79
$\alpha = 23,45$	0,00	19,52	28,56	29,71	26,90	22,30	17,05	11,89	7,32
$\phi = 50$									
$\alpha = -23,45$	0,00	-0,75	-2,05	-4,25	-7,39	-11,29	-15,58	-19,77	-23,14
$\alpha = 0,00$	0,00	4,28	7,00	7,55	6,14	3,40	0,00	-3,40	-6,14
$\alpha = 23,45$	0,00	14,30	22,43	24,61	23,14	19,77	15,58	11,29	7,39
$\phi = 55$									
$\alpha = -23,45$	0,00	-1,03	-2,44	-4,50	-7,24	-10,50	-13,97	-17,18	-19,48
$\alpha = 0,00$	0,00	3,11	5,18	5,68	4,69	2,62	0,00	-2,62	-4,69
$\alpha = 23,45$	0,00	10,51	17,35	19,95	19,48	17,18	13,97	10,50	7,24

TABLA DE LOS ERRORES SOB EN GRADOS ENTRE LATITUDES DE 35° Y 55°

La regla puede ser algo útil- en latitudes altas y con reservas- para adoptar un rápido juicio en excursiones, disposición de construcciones o elementos provisionales que requieran, o bien no convenga, gran insolación, u otro fin que solo demande una grosera precisión, pero no da la mínima necesaria exactitud para situar un reloj de sol. En España, y cerca del solsticio de verano, la regla es ya totalmente inutilizable.

© Rafael Soler Gayà, 2010

Se trata pues de trazar un cuadrante lateral sobre cada plano pero del que sólo marcaremos los puntos en que las líneas horarias cortan las dos generatrices del plano de manera que una vez trazados todos los

puntos de todos los planos se unen con una curva resultando la línea horaria sobre el cilindro sin desarrollar.

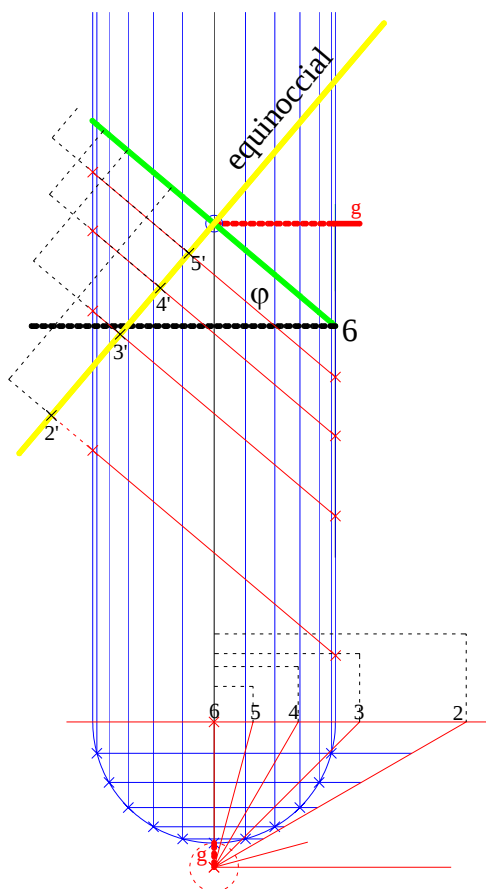


Fig. 2

Por el punto en que el gnomon recto se interseca con el eje del cilindro trazaremos la línea de las **6** con un ángulo igual al de la latitud y que quedará apuntando a los polos; al polo Norte por la izquierda si se trata de un cuadrante al Oeste, o por la derecha si es al Este.

Por el mismo punto trazaremos una perpendicular a la línea de las 6 que será la **equinoccial** y que sobre la cual y partiendo de la intersección con la línea de las 6 trasladaremos las distancias que las líneas horarias han marcado sobre cada línea horizontal, empezando por la línea de la base del cilindro que se corresponde con el plano vertical del eje del cilindro (Figura 2). Por estos puntos tiraremos paralelas a la línea de las 6 que cortarán las dos generatrices que delimitan el plano en cuestión y marcaremos estos puntos de corte.

Se toman las distancias de las líneas horarias equinociales sobre la primera paralela a la horizontal anterior y se marcan de nuevo sobre la equinoccial por la que pasaremos paralelas a la línea de las 6 por esos puntos y marcaremos las intersecciones con las dos generatrices siguientes continuando de esa misma manera hasta haber terminado todos los planos verticales, momento en el cual uniremos los puntos marcados con una curva con lo que quedará un trazado como la de la figura 3.

Contrariamente al caso anterior, en el que no intervenía para nada la longitud del gnomon, tenemos que definir en este caso la separación $\mathbf{g}$ que el gnomon mantendrá respecto a la superficie del cilindro, mediante un pie perpendicular al mismo. Con esta distancia, el gnomon se mantendrá apuntando al polo y proyectará su sombra sobre las líneas horarias que a continuación trazaremos.

Por debajo de la semicircunferencia trazada en primer lugar trazaremos otra, tangente a ella, con radio igual a **g** (de color rojo en las figuras) y desde cuyo centro tiraremos rectas cada 15° que prolongaremos hasta que corten la línea horizontal del la base del cilindro. Estas rectas representan las líneas horarias de un cuadrante ecuatorial.

Acto seguido prolongaremos las paralelas a la línea horizontal hasta que corten todas las líneas horarias. Estas paralelas son los diferentes planos verticales del cilindro cuya distancia al extremo del gnomon recto va variando para cada plano, detalle importante si queremos trazar debidamente un cuadrante lateral en cada uno de ellos.

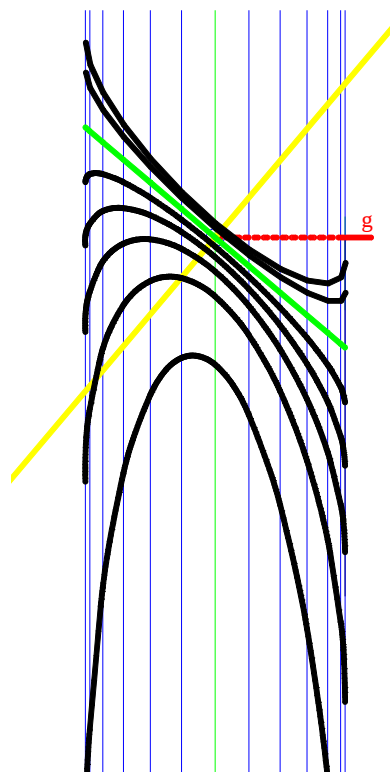


Fig. 3

Tal como ocurría en el artículo anterior, este trazado corresponde al cilindro sin desarrollar por lo que para dibujar las líneas tal como debe ser hay que desarrollar el cilindro dibujando las mismas generatrices separadas 15° como en el cilindro sin desarrollar y trasladar posteriormente punto por punto las curvas horarias. En la figura 4 se muestra el resultado en el cilindro desarrollado aunque sólo se representa el traslado punto por punto de la línea de las 6.

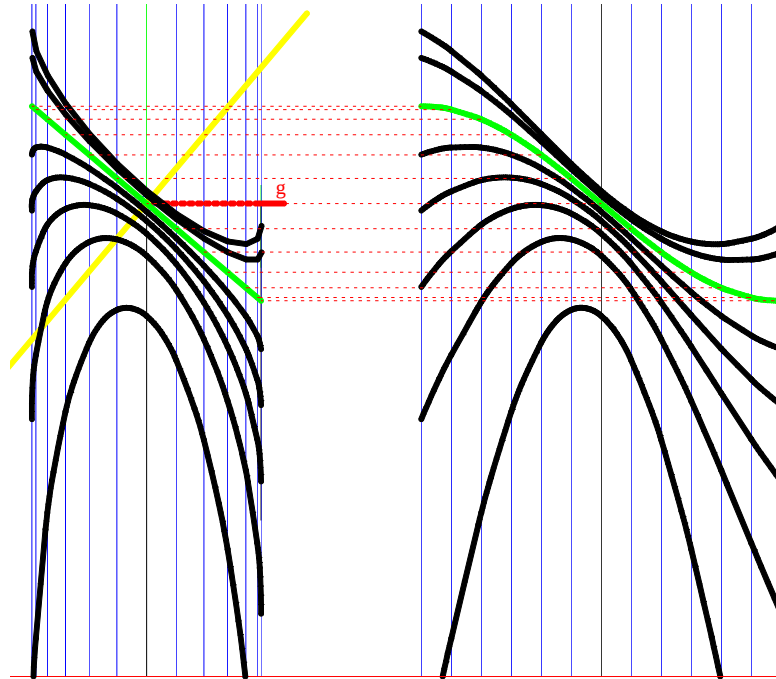


Fig. 4

Método analítico

Para el semicilindro desarrollado, el origen de coordenadas es el punto de intersección de la línea de las 6 con la generatriz orientada al Oeste, en este ejemplo.

La ordenada x corresponderá a cada generatriz que, como se ha dicho anteriormente, se han calculado para cada 15° de circunferencia y cuyas divisiones que llamamos D corresponden a una veinticuatroava parte de la longitud de la circunferencia, por tanto, si tomamos como ordenada cero la de la generatriz correspondiente al punto cardinal Este u Oeste, las demás generatrices estarán separadas una de otra una distancia igual a $\pi r / 12$ y separadas de la ordenada origen una distancia igual a:

$$x = D \cdot \pi \cdot r / 180$$

La altura del punto sobre la ordenada x viene definida por:

$$y = \tan \varphi \cdot r \cos D - (g / \cot \varepsilon) / \cos \varphi$$

Donde g es la longitud del gnomon exterior más la que le corresponda según la profundidad del plano en cuestión. ($g \cos D$)

La longitud de g dependerá de la altura del cilindro, de las líneas horarias cercanas a las 12 que estemos dispuestos a perder y del resultado estético que estemos dispuestos a aceptar ya que dependiendo de la longitud tendremos las líneas horarias más o menos densas.

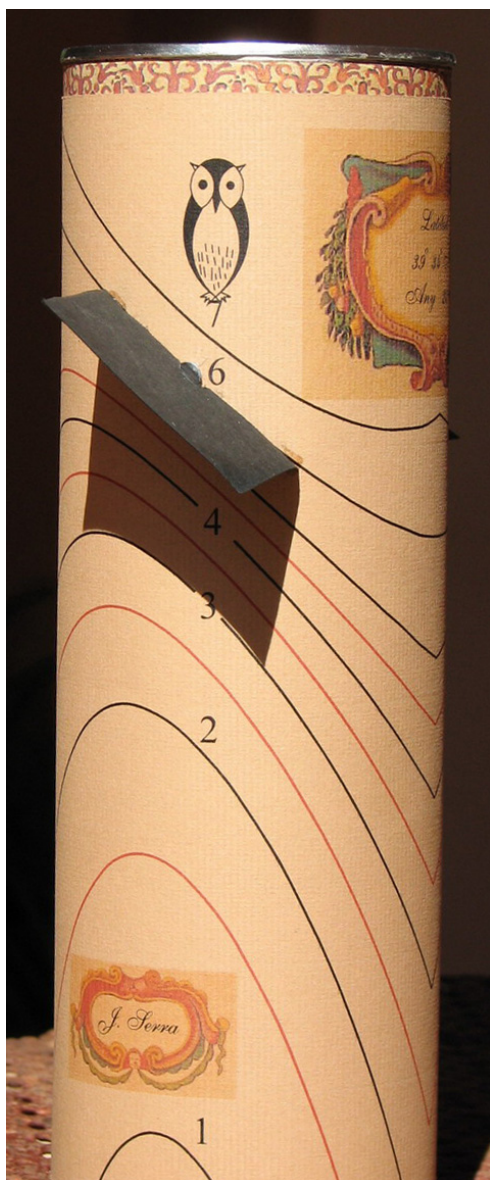
En el caso que nos ocupa la longitud de g se eligió después de varios tanteos en los que se tuvieron en cuenta las condiciones mencionadas.

Por si puede servir de orientación, las medidas del cilindro de las fotos siguientes son:

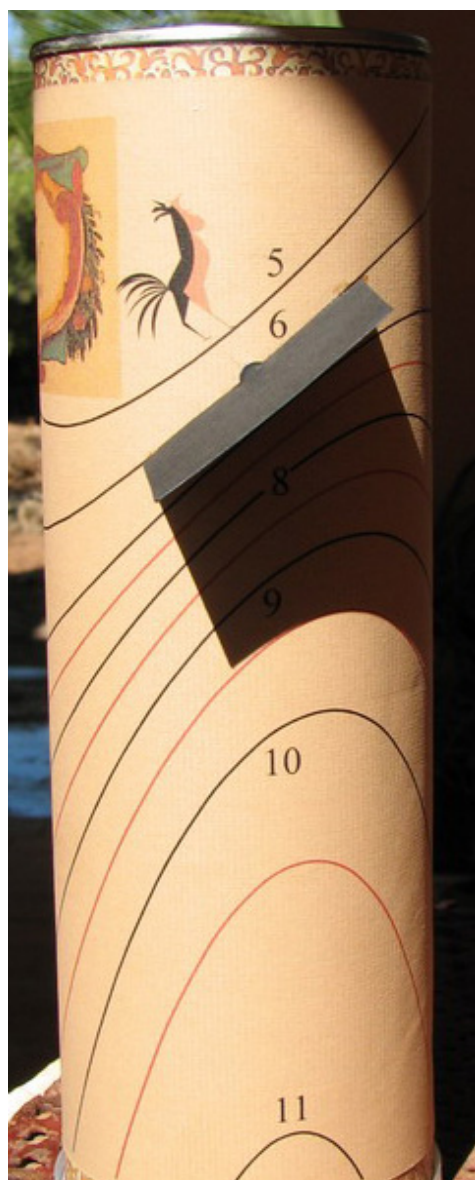
Diámetro: 7,5 cm.

Altura: 22,5 cm.

g : 3 cm.



Lateral Oeste



Lateral Este

© Joan Serra Busquets, 2010

EL RELOJ DE SOL CANÓNICO DE SANTA MARÍA DE ESTÍBALIZ

Por Pedro Novella

Radial en junta de sillar, de cuatro líneas. Línea de Nona doble.



Santuario de Estíbaliz. Puerta Speciosa.

La llamada Puerta Speciosa, abierta en el brazo sur del crucero, se organiza en tres cuerpos: la portada con tejaro, un cuerpo central en el que se abre una ventana, y un tercero constituido por una espadaña de dos arcos.



El sillar del reloj de sol canónico.



Reloj radial de 4 líneas en junta de sillar. Línea de Nona doble.

A la izquierda del ventanal del segundo cuerpo se encuentra el reloj. Ocupa la traza un sillarejo rectangular entero. Tiene cuatro líneas; una de ellas, la de trazo más profundo, pudo ser añadida con posterioridad. Dicen Las Partidas que en festividades señaladas la misa de Nona se adelantaba. En la restauración taparon el agujero de la varilla.

En la iglesia San Aegidius de Berne existe un ejemplar semicircular en junta con la misma traza que el de Santa María de Estíbaliz. Puede verse fotografiado en la revista digital CARPE DIEM de junio de 2007, en el artículo de Reinhold Kriegler, titulado *Imágenes del tiempo en marcas simples del pasado*.



Torres del Río, Navarra.



Uncastillo, Zaragoza.



Sansoáin, Navarra.



Sansoáin, Navarra.



Artajona, Navarra.



Puentelarreina, Navarra.



Chinchetru, Álava.



Monasterioguren, Álava.

Más información sobre los relojes de sol canónicos en el *Inventario de relojes de sol de la Diócesis de Vitoria Gasteiz*, *Relojes canónicos con numeración* e *Inventario de relojes canónicos*.
Reposición de la varilla del reloj canónico de Estíbaliz.



Ora et labora. Los benedictinos en traje de faena.



El superior del monasterio de Estíbaliz encaramado en la plataforma elevadora.



El sillar del reloj desde la plataforma. Mide 58x22 cm.



Los visitantes observan los preparativos para colocar la varilla.



Limpieza de las líneas horarias con regla y puntero.



Taladrado del orificio en la junta tapada con cemento.



Reposición de la varilla (22 cm) del reloj canónico. ¡Con escuadra!



La sombra de la varilla entre la Tercia y la Sexta.

La varilla se repuso el día 22 de junio de 2010 por casualidad. Subí a fotografiar al sol entrando en el interior de la nave y me encontré al superior del monasterio preparando una plataforma para limpiar los canalones del tejado. Había que aprovechar la ocasión...



Foto tomada el 22 de junio de 2010, a las 10 y media.

INVENTARIO DE RELOJES DE SOL DE LA DIÓCESIS DE VITORIA (XVI). APÉNDICE 1

Por Pedro Novella y M^a Josefa Urteaga con la colaboración de Antonio J. Cañones

APÉNDICE

Los últimos relojes de sol de los que se tiene constancia de la fecha son del primer cuarto del siglo XIX (APELLANIZ 1814, ORBISO 1817, palacio del marqués de Acha en RESPALDIZA 1823). Posteriormente, si exceptuamos el reloj de madera de la capilla de la Virgen del Pilar de la iglesia de San Juan de LAGUARDIA, ya no se encuentran relojes de sol en los muros de los templos de la Diócesis de Vitoria. Tendrán que pasar casi dos siglos hasta que a alguien se le ocurra colocar en mera iglesia un cuadrante solar (espadaña de VÍLLODAS, pórtico de LABRAZA). Tampoco los vamos a ver en las fachadas de edificios civiles.

Los relojes más antiguos que aquí se describen se construyeron a mediados del pasado siglo. La gran mayoría se ha colocado durante los últimos diez años. En este último grupo se clasifican, por un lado, los relojes de serie pintados en azulejos o fabricados en molde de cemento, y, por otro, los relojes de autor. Los primeros se suelen instalar en la fachada principal de las casas sin tener en cuenta, la mayoría de las veces, la orientación de la pared. A algunos se les dobla la varilla (LAPUEBLA, OTAZU...) en un intento infructuoso de que marquen bien el mediodía.



Páganos.

Se pueden considerar meros objetos de adorno. Este de Páganos, por ejemplo, responde a algunas de las características que son comunes para este tipo de reloj: desequilibrado, mal orientado (se ha tratado de corregir doblando la varilla) y mal trazado (las dos líneas de las seis están por debajo de la horizontal que pasa por el origen del gnomon.).

José Ramírez Martínez describe el reloj de Páganos:

“En una casa privada a la entrada de esta localidad hay un reloj de placa en forma de templete que, como producción seriada, resulta fácil de conseguir en cualquier comercio especializado. Marca desde las 6 de la mañana a las 6 de la tarde y, aparte de su función ornamental y de su simbología, se convierte en un instrumento auxiliar de reconocida utilidad.” Relojes de sol en la Rioja. Logroño. 1991. pág. 108.

Son frecuentes en las urbanizaciones nuevas de los pueblos. En las fotografías siguientes se recogen algunos relojes de serie:



Añua



Argandoña



Caicedo Yuso



Caicedo Sopeña



La Puebla de Arganzón



Ordoñana



Otazu

Alegría-Dulantzi



Salinas de Añana



Vitoria

En ocasiones el lugar de emplazamiento se elige para que el reloj figure como un simple elemento decorativo y se coloca en la fachada principal de la casa, aunque esté orientada al oeste como ocurre en Caicedo Sopena. O se hace mirar al cielo a la varilla como podemos ver en un reloj de azulejo en la terraza en la trasera de una casa de la calle Santa María de Vitoria.



Salinas de Añana

En la fotografía superior podemos ver otro reloj de serie comprado en una localidad turística de la provincia de Tarragona, construido en piedra artificial y colocado en la terraza de la segunda planta, en la fachada sur de la casa número 10 de la calle Cerca alta de Salinas de Añana. Los ángulos horarios están trazados al azar. La varilla está mal situada, evitando así su colocación en el entrecejo de la cara del sol.

Los relojes de autor, calculados unas veces de acuerdo con las leyes de la Gnomónica y otras intuitivamente siguiendo la tradición de periodos anteriores o llegando mediante la observación del movimiento del sol a soluciones ingeniosas no siempre acertadas, se describen a continuación con mayor detalle.

Encontraremos todavía algún ejemplar de tipo popular que perpetua la traza de 12x15° (DURANA) o la de meridiana desviada, que vienen grabándose en los muros de las iglesias desde mediados del siglo XVI. Algunos relojes se dibujan tomando como referencia las horas de un reloj mecánico, marcando rayitas hora a hora desde la salida del sol hasta su puesta (OCILLA, LABASTIDA) o en periodos más largos de tiempo, como comprobaremos en algunos relojes (RIVABELLOSA, OION).

A partir del año 2000, coincidiendo con el resurgir de la Gnomónica y el interés por los relojes de sol y su divulgación a través de Internet, se han colocado la mayoría de los relojes solares descritos a continuación que se han denominado “de autor” porque están firmados o es conocido el nombre de su constructor.

Constructores de relojes

Antonio Rivera fotografía todos los relojes de sol que encuentra en sus viajes. Se dedica también por afición a la construcción de cuadrantes solares. Los tres que vemos en esta página son obra suya aunque no están colocados en nuestra provincia.

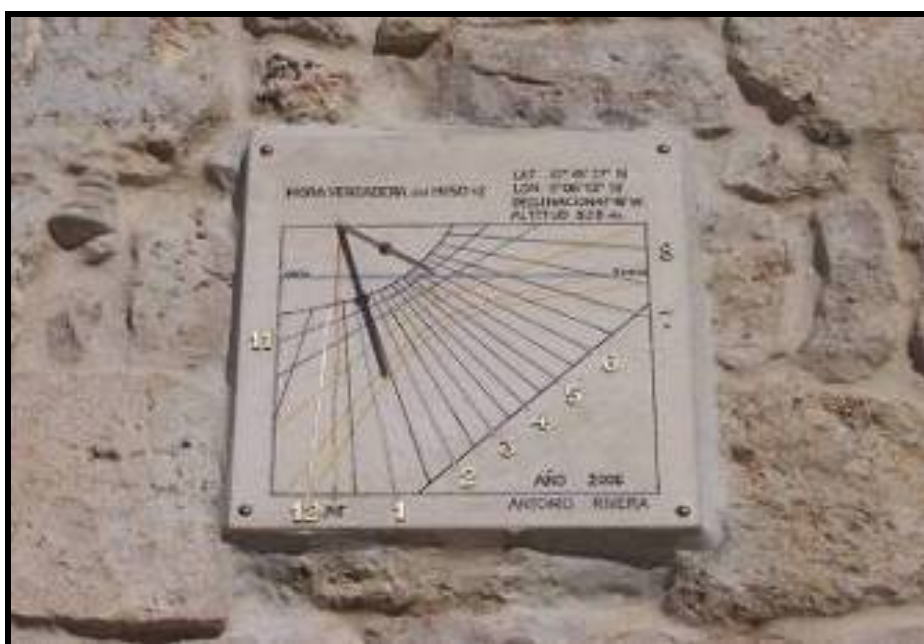


Encinas de Esgueva.Valladolid. Año 2002.

Este reloj se puede ver reproducido y descrito en la página Web de Antonio Cañones Relojes de sol en la región de Murcia.



Encinas de Esgueva. Valladolid. Año 2004.



Encinas de Esgueva. Valladolid. Año 2006.

En la misma página podemos ver una colección de relojes de sol de la Diócesis de Vitoria, fotografiados por A. Rivera y descritos por A. Cañones, de los localidades siguientes: Vitoria – Gasteiz (cuadrantes de Santa María y San Miguel), Apellániz, Maeztu, Peñacerrada, Salvatierra, Urarte, Añastro, Argote, Cucho, La Puebla de Arganzón, San Vicentejo, Pariza y Treviño. También se muestran algunos ejemplares modernos.

Precisamente un conjunto de fotos de relojes de sol alaveses modernos de Antonio Rivera dieron inicio a este Apéndice. Entre ellas las de los tres relojes firmados por **J. I. Domínguez** que podemos ver en Manzanos, Villodas y la Fundación Estadio de Vitoria. J. I. Domínguez firma también los artículos que sobre los relojes de sol de la provincia de Álava se publican periódicamente en la sección Nuestro Patrimonio de El Correo.

Julián Egia Ugarte, natural de Orozko y domiciliado actualmente en Laudio, ha colocado un buen número de sus piezas en casas y chalés de la zona noroeste de Álava: Amurrio (9 cuadrantes), Luiaondo, Tertanga, Izoria (2), Sarria, Lekamaña, Okondo, Ametzaga y Murgia (ermita de Jugatxi).

Su interés por los relojes de sol comenzó cuando leyó en una revista que el reloj de la iglesia de San Pedro de Laudio llevaba casi cien años sin que nadie le hubiera dado cuerda. Había pasado innumerables veces bajo el reloj sin percatarse de su existencia. Empezó por curiosidad a estudiar los relojes de la zona, recopiló toda la información que caía en sus manos sobre el asunto, hasta que labró su primer cuadrante, en el año 1995, colocado hoy en día en una casa de Izoria. Sus relojes se reconocen porque llevan tallados en el plano solar los escudos heráldicos y apellidos de las personas que los han encargado. Leemos en un artículo *“que emplea horas y horas de estudio sobre cómo el sol se proyecta sobre aquel punto donde se encarama el reloj y que invierte ocho horas en colocar con la graduación correcta la varilla”*.



Talla de Julen Egia premiada en el concurso +55 de Llodio.



Talla en madera de olmo. Julen Egia.
Reproducción de reloj de sol del Ayuntamiento de Alejandría.

Es también autor del proyecto de un reloj de sol monumental que se iba a construir en la plaza del Ayuntamiento de Llodio.

Especial atención merece la producción del taller RA de **Felipe Miguel y Verónica Montero**, ubicado en Zurbano entre los años 1989 y 2001, dedicado a la construcción artesanal de todo tipo de cuadrantes solares y de otros objetos de artesanía de los que aquí no haremos mención.

Comenzaron a fabricar relojes de sol a principios de la década de los 80, reproduciendo un antiguo reloj florentino, que vendían en el rastro de Madrid. En 1984 los encontramos en un pequeño taller de la calle Zapatería de Vitoria con la misma ocupación. En ese mismo año construyen un reloj para la casa rural de Elosu, hoy en paradero desconocido. Al año siguiente trasladan el taller a la calle Santo Domingo y graban una traza declinante a poniente en el reloj no nato de la ermita de la Virgen de la Plaza de Elciego.

Felipe Miguel fue alumno de Cantería en la Escuela de Artes y Oficios de Vitoria. Aficionado a la Gnomónica, labró un cuadrante solar en el disco de una estela como obra de fin de estudios. En el año 1992 un reloj suyo construido en una placa rectangular de piedra arenisca fue premiado en el Certamen de Artesanía Blas Arratibel.

Trabaja con Verónica Montero que estudió Cerámica y Esmalte en la misma escuela de Vitoria. Ambos son conocidos por el atractivo diseño y variedad de sus relojes de sol portátiles, y también por los cuadrantes que dejaron en las paredes de algunos edificios de nuestra provincia, antes de trasladar su taller al pueblo navarro de Arbeiza.



Felipe Miguel. Obra premiada en el concurso “Blas Arratibel” de 1992.

Verónica y Felipe trabajan en equipo o individualmente. Todas sus obras van firmadas, así podemos saber si la pieza es un trabajo individual o la han elaborado en equipo.

Caracteriza la obra de estos dos artesanos la variedad del material de los soportes (cerámica, aluminio, algodón, piedra, madera, papel, hierro..) y técnicas (tapiz, talla, modelado, esmalte, pintura, grabado al ácido...), la imaginación en el diseño y la originalidad en los modelos de reloj y en las varillas. Podemos contemplar piezas suyas en las siguientes localidades: Vitoria-Gasteiz, Oyón, Elciego, Dulantzi, Labraza y Alaiza.

De la obra de **Salvador Azpiazu**, carmelita vitoriano, se da cumplida relación en el apartado correspondiente.

Manuel Pastor, conocido gnomonista y ceramista catalán, firma en 1952 el reloj de cerámica de la Fundación Escudero de Ondategi.

De **José L. Apaolaza** son los relojes horizontales de Puentelarrá y Albéniz.

En Rivabellosa podemos ver los dos grandes relojes de tiempo medio que pacientemente ha dibujado **Pedro Ocio** en las paredes de su casa. Y en Oion, utilizando también un reloj mecánico, el reloj de doce trazas que construyó **Luís Palacios** en un caserón de mediados del siglo XVII situado en la plaza Mayor.

Del conocido arquitecto paisajista **Luís González-Camino** es el conjunto de tres relojes grabados en el pilar de una fuente situada en una pequeña rotonda en el interior de las bodegas Riscal de Elciego.

RELOJES DEL QUINTO PERIODO



Localidad: **ALAITZA ALAITZA**
Situación: casa particular en la parte alta del pueblo

Material: pintura
Tipo: VDP 30°
Autor: taller RA
Verónica Montero
Felipe Miguel
Fecha: año 2000

Visto así en la pared, se podría pensar que es tarea fácil la del cuadrantero. Tal y como la propietaria de la casa nos describió paso a paso el

proceso de instalación del reloj, lo contamos:

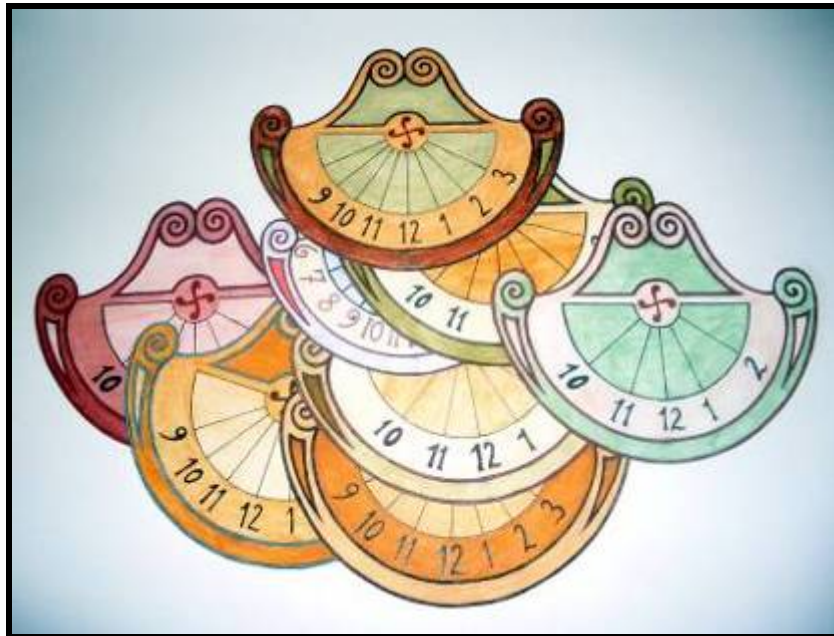
1. Toma de medidas y boceto del reloj siguiendo las directrices del cliente: fotos de situación, tamaño, latitud y declinación de la pared.
2. Trabajo en el taller: calculo de la traza y dibujo del reloj a tamaño real.



El boceto del reloj de Alaitza desenrollado en el suelo del taller.

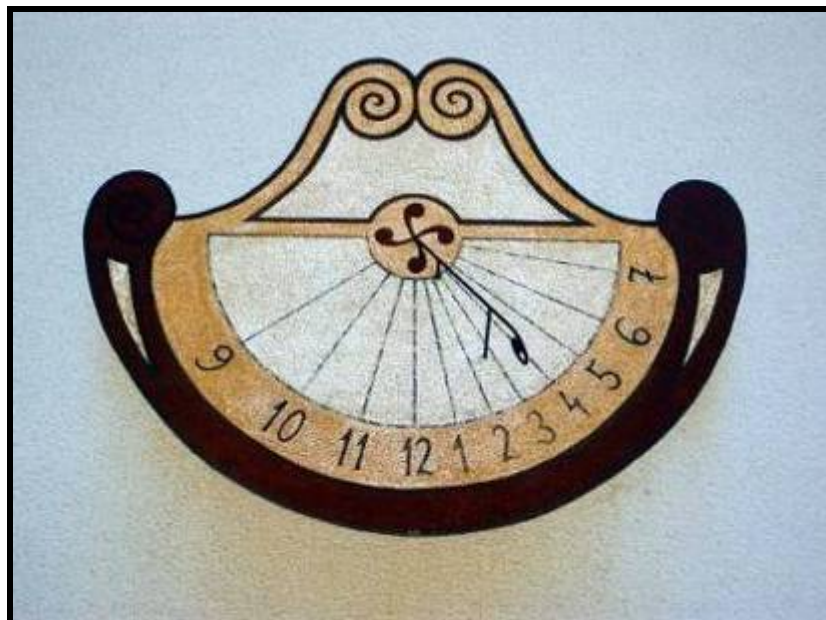
Miguel y Verónica guardan celosamente las trazas y bocetos de todos los relojes de sol que han construido, también los modelos de las varillas recortados en cartón. En la visita al taller RA de Arbeiza, tuvimos ocasión de fotografiar los materiales utilizados en la construcción de todos los relojes suyos colocados en Álava. En la imagen podemos ver el boceto a tamaño real del reloj elegido para la casa de Alaiza dibujado a lápiz y pintado en papel, después de calcular geoméricamente la traza.

3. Nuevo contacto con el cliente para que realice los cambios que estime oportunos. Elección de colores y lugar definitivo de ubicación.



Conjunto de modelos en miniatura (12 cm) para elegir el color.

4. Final del proyecto: boceto del reloj elegido y traslado a la pared.



El reloj en su estado actual. Declina a poniente 30°.

Vertical declinante a poniente. Pintado en colores acrílicos sobre una base de preparación del fondo. Horas de 9 de la mañana a 7 de la tarde.

Llaman la atención el original diseño de este cuadrante solar, la acertada elección de los tonos de los colores que combinan con la fachada de la casa, y sus estudiadas formas curvas que contrastan con la linealidad del edificio.

La firma del taller RA se puede leer en minúsculas letras en la franja marrón bajo la línea de las doce. Obra conjunta.



Localidad: **ALBENIZ ALBEIZ**
Situación: Campa de los catorce árboles
Material: Acero inoxidable
Caliza de Hontoria
Tipo: H
Autor: J. L. Apaolaza
Año: 1995



Se encuentra instalado en un descampado a unos 500 m al norte del cementerio. Para localizarlo se debe seguir a pie el camino que parte en pendiente desde el cementerio, hasta alcanzar el paraje conocido como “la campa de los catorce árboles”.

Reloj solar horizontal, fundido en acero inoxidable y colocado sobre un pie cilíndrico de piedra, a unos 40 cm del suelo. Horas en números romanos de V de la mañana a VII de la tarde. Las líneas horarias de las V y de las VII dividen el círculo en dos sectores señalados con las alegorías del día y de la noche: la carlina (eguzki-lore) y un diminuto búho pintados de amarillo. El sector de la noche sirve de marco a la gráfica de la ecuación del tiempo. Gnomon triangular con el borde pintado de rojo.

Siguiendo el borde del disco del reloj se lee lo siguiente: LOS CATORCE ÁRBOLES 1995 SOLSTICIO DE VERANO.



Localidad:
ALEGRÍA-DULANTZI
 Situación: Urarte bidea nº 26
 Material: cerámica vidriada
 Tipo: VM
 Autor: taller de Granada

Está situado sobre la puerta del garaje, en la fachada sur de la casa. Construido en cerámica, grabado en el barro fresco y con la banda de las horas vidriada. Numeración romana de VI de la mañana a VI de la tarde. Traza vertical a mediodía. Líneas horarias que parten de un sol radiante y mofletudo que porta el gnomon en la boca.

Localidad: **ALEGRIA-DULANTZI**
 Situación: carretera de Vitoria nº 42
 Material: aluminio serigrafiado
 Tipo: VM de serie (800 unidades, cuadrado y rectangular).
 Autor: Taller RA
 Verónica Montero
 Felipe Miguel
 Fecha: 1999



En la fachada sur de una casa situada a la entrada del pueblo podemos ver otro reloj de sol creación del equipo del taller RA.

Modelo serigrafiado en una lámina de aluminio rectangular vertical con las líneas pintadas de azul, numeración romana en negro, la banda de las horas y el sol de la parte superior en amarillo y ramitas de olivo con sus frutos adornando las cuatro esquinas.



Localidad: **AMETZAGA**
 Situación: casa tras la iglesia
 Material: piedra 120x4x80 cm
 Tipo: MP
 Autor: Julen Egia
 Fecha: 1998

Reloj rectangular, grabado en una gran placa de piedra arenisca, situado en la fachada de una casa que se encuentra cercana a la iglesia. Horas grabadas en números romanos de VII de la mañana a V de la tarde. Varilla mal orientada.

En el plano solar luce dos escudos que corresponden a los apellidos de los propietarios de la casa (SAENZ DEL BURGO, VEA MURGUIA), escritos en la banda superior y acompañados de la fecha.

El artesano, Julen Egia, es el mismo que labró el reloj de la cercana ermita de Nuestra Señora de Jugatxi.



Ametzaga. Reloj vertical declinante a levante. 1998

Este mismo modelo de reloj labrado por Julen Egia, con los escudos heráldicos de los apellidos de los propietarios de la casa, labrados en el plano solar, lo vamos a encontrar en varias localidades del noroeste de la provincia.

Localidad: **AMURRIO**

Situación: Parque Temático de las Energías Renovables de Aresketamendi

Material: paneles expositores

Tipo: VM

Autor: empresa constructora del parque

Año: 2006

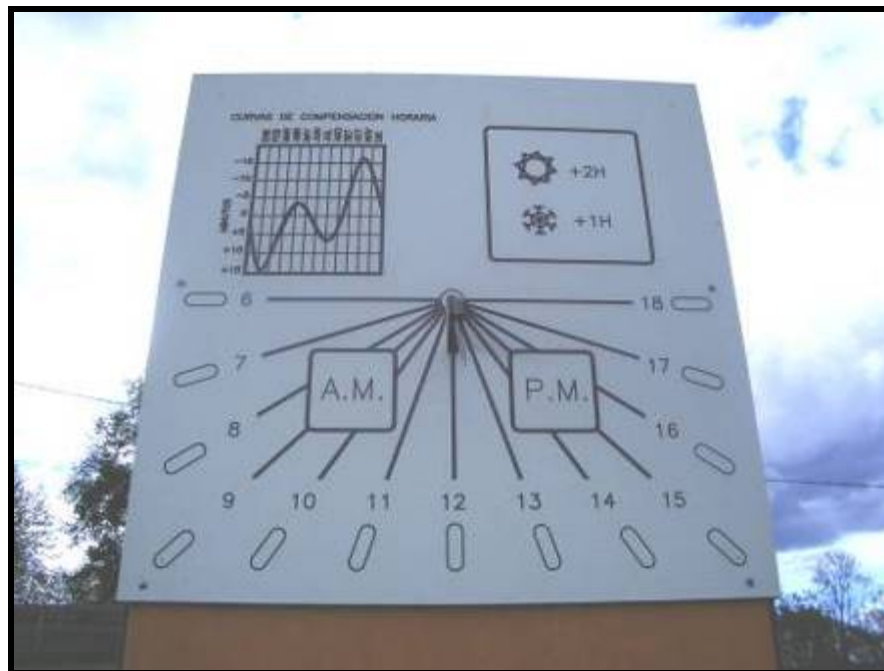


Aresketamendi. En amarillo la zona dedicada a la energía solar.

El parque es un espacio expositivo al aire libre de 22600 m², en el que una pasarela de madera en espiral de casi un kilómetro, nos introduce en las distintas áreas, encontrándonos con numerosos ingenios, artilugios participativos, maquetas y paneles, relacionados con las diferentes fuentes de energía: el agua, el viento, el sol, la tierra,... que nos transmiten los principios energéticos por los que apuesta el desarrollo sostenible.



Eguzkia S6. Eguzki-erlojua/el reloj de sol.



S6. Reloj con instrucciones para pasar de la hora solar a la oficial.

El reloj solar

Existen numerosos tipos de relojes solares, pero los más comunes son los que se construyen sobre superficies planas. Se basan en la sombra que proyecta un gnomon, sobre una superficie marcada con unidades de tiempo.

El tiempo que miden es el tiempo verdadero local, es decir, la hora exacta respecto al sol y no coincide con nuestros relojes.

Esto es debido a varios factores:

Aunque parezca sorprendente, debido a la trayectoria elíptica de la tierra alrededor del sol, no todos los días tienen la misma duración. Por ello, la hora oficial que supone que todos los días tienen la misma duración, no coincide con la hora solar. Esta diferencia es llamada “ecuación del tiempo”. Además, los relojes que usamos no dan la hora local, sino que marcan la hora del meridiano de Greenwich.

¿Qué hacer?

Para equiparar la hora solar a la hora oficial hay que hacer ciertos cálculos:

- 1º Añadir 1 hora, si nos regimos por el horario de invierno o 2 horas, si es por el de verano.
- 2º Fijarse bien en la gráfica de compensación horaria. Sumar o restar a la hora que marca el reloj solar, los minutos que se marcan en la gráfica, según la fecha en la que nos encontremos.
- 3º Añadir 12 min., que es lo que tarda el sol en llegar del meridiano de Greenwich, al meridiano donde nos encontramos.

(Información del folleto informativo del parque de Aresketamendi)

Localidad: **AMURRIO**

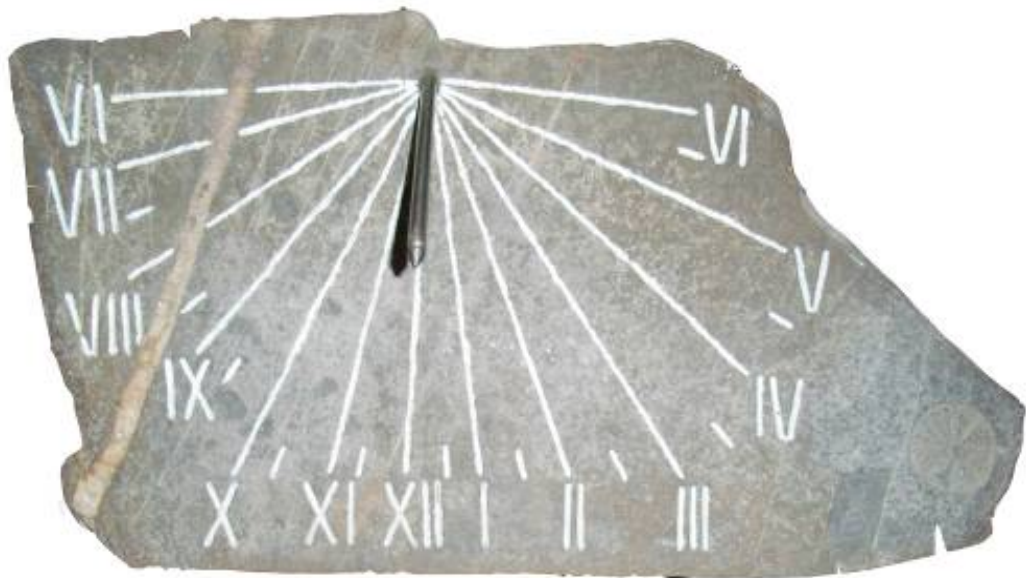
Situación: Biblioteca Municipal

Material: piedra

Tipo: MP

Autor: Julen Egia

Año: 1999



Se encuentra depositado en la Biblioteca Municipal de Amurrio a la espera de un lugar de ubicación adecuado.

Cuadrante radial grabado en una estrecha laja de piedra caliza de perímetro irregular recogida en el cauce de un río próximo al pueblo (una veta de calcita atraviesa el plano del reloj diagonalmente). Horas en números romanos de VI de la mañana a VI de la tarde. Líneas de medias horas. Varilla de acero de apoyo único. Líneas y números pintados de blanco.

Se adorna con una luna y un sol esquemáticos grabados en débil trazo en la zona inferior izquierda. Al lado, en el interior de un romboide se leen las iniciales del autor.

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



Localidad: **AMURRIO**
Situación: San José auzoa
Material: piedra
Autor: Julen Egia
Fecha: 1999

Todavía sin instalar. Falta la fotografía.

Localidad: **AMURRIO**
Situación: barrio Orue nº 3 (tres cuadrantes en la misma casa)
Material: pintura, piedra
Tipo: MP.
Autor: Julen Egia
Años: 1999, 1999, 1996.



Reloj 1. Cuadrante horizontal de grandes proporciones pintado en el suelo de la terraza en la que fue casa de Julen Egia. Lo repasaba todos los años. Al perder parte de la última capa de pintura parece que está pintado a dos colores.

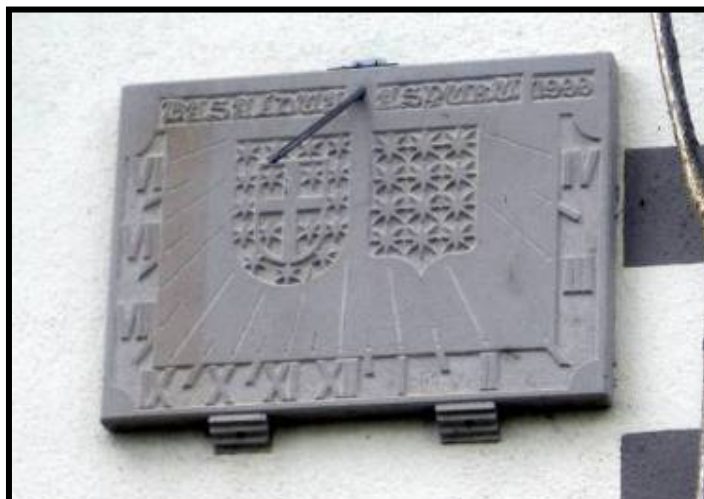


Reloj 2. Está situado a la entrada de la casa formando parte de una fuente que mana de un pequeño grifo situado sobre los dos pollitos que adornan el centro de la banda inferior. Vierte la fuente en un pequeño estanque donde nadan las carpas. La hiedra, el seto y el empedrado alrededor completan el conjunto.



Reloj 3. Asentado sobre una repisa en la esquina suroeste de la casa y girado para orientarlo al mediodía. Fechado en 1996.

Localidad: **AMURRIO**
 Situación: barrio Orue nº 5
 Material: piedra
 Tipo: MP
 Autor: Julen Egia
 Año: 1999



Localidad: **AMURRIO**
Situación: C/ Errota zahar nº 21
Material: piedra
Tipo: MP
Autor: Julen Egia
Año: 2004



Las dos piezas llevan grabadas los escudos de los propietarios, decoración habitual en los relojes de encargo. Los primeros relojes de Julen Egia suelen llevar otro tipo de decoración.



Localidad: **AMURRIO**
Situación: en el jardín de un chalé cercano a la estación
Material: piedra
Tipo: MP
Autor: Julen Egia
Año: 1997

Se encuentra en lo alto de una traviesa de ferrocarril en el jardín de un chalé de la urbanización de la estación, rematado por una gran veleta que le resta protagonismo.

Además de la fecha, la forma de la placa y la utilización de los números árabigos apara escribir las horas indican que es una de sus primeras obras.



Un sol ovalado ocupa todo el plano del reloj. Los rayos solares apuntan a las medias horas, las horas enteras van señaladas con pequeños puntos en el borde interior de la banda. En la parte superior, entre columnas, la fecha y el nombre del lugar. En la chapa va grabado el nombre del autor.

EL LIBRO RELOJ DE SOL DE SANTA MARINA DE TORRE (LEON)

Por Rogelio Meléndez Tercero

Un reloj de sol que sirve para recordar la historia de un pueblo

La pedanía de Santa Marina de Torre, es un pequeño pueblo situado en plena zona carbonífera del Bierzo; en concreto en el conocido como sector Torre-Bembibre. Aunque sus raíces se extienden muchos siglos atrás en la historia (se han hallado restos de la época romana), debió ser un lugar bastante conocido a partir de la Edad Media y el núcleo de población se formó posiblemente en torno a un monasterio allí existente y conocido como **Santa Marina de Montes**, cuyo abad Antonio asistió el 11 de abril del año 940 a una asamblea a la que acudió el rey leonés Ramiro II y que tuvo lugar en Santiago de Peñalba¹.

Durante muchos siglos fue un pueblo básicamente agrícola y ganadero aunque en la actualidad es conocido sobre todo por su vinculación con la minería del carbón. En sus proximidades y hasta hace escasos años abundaban las minas que hoy sin embargo como en otros pueblos de la zona son sólo historia. No obstante tanto la Junta Vecinal del lugar como la Asociación Cultural “**Carqueixa**”, allí existente intentan animar la vida del hoy tranquilo pueblo con actividades diversas y así fue como surgió la idea de hacer un reloj de sol que se ubicó al lado de su antigua iglesia, resto muy probablemente del viejo **monasterio medieval**.

Analizado el lugar y puesto que uno de los promotores de la idea es profesor en un colegio de Bembibre se pensó en realizar un reloj de sol en **forma de libro** y que además hiciese referencia a la **historia** de este tranquilo y antiguo pueblo. Se colocó en las proximidades de la iglesia una roca de granito tallada que a su vez tiene su particular historia y sobre ella se pensó en ubicar el reloj de sol. Tal piedra formó parte de un túnel del ferrocarril (línea Madrid-La Coruña), en el que ocurrió un grave accidente ferroviario en el año 1944.

En principio la idea era sencilla. Se colocaría un libro abierto y en el mismo una especie de marcapáginas que hiciese las veces de gnomon. Como es evidente para que esto fuese así era preciso dar al marcapáginas una forma rectangular y colocar la cantonera del libro rigurosamente paralela al eje de la Tierra. Después hacer los cálculos oportunos y punto.

En la portada del libro se puede leer “SANTA MARINA DE MONTES. HISTORIAS...” y en las páginas del libro abiertas y a modo de divisa la expresión: “EL LIBRO ES SABIDURIA. EL SOL NO PASA PÁGINA”; frase esta que ideó Julián Minguez (Ing. Tcnco. de Minas), y miembro del grupo de veteranos mineros de El Bierzo aficionados a la gnomónica gracias a cuya labor conjunta se construyó y colocó este reloj de sol y otros muchos más. También se fijó sobre el pedestal una gráfica que sirve para convertir tiempo solar verdadero en tiempo oficial, algo que con mucha frecuencia hacemos en los relojes de sol el grupo de veteranos mineros aludido. Así es fácil comprobar que el reloj funciona bien y sirve para facilitar la hora. En la misma placa donde está grabada tal gráfica se indica la posición (coordenadas geográficas) de Santa Marina y su altitud sobre el nivel del mar. También aparece la frase siguiente:

“....EL DIA 11 DE ABRIL DE 940 ANTONIUS ABBA SANCTAE MARINAE....”

La fecha del 11 de abril también se señala en el cuadrante pues como es lógico la sombra de la esquina superior del marcapáginas (y también la inferior si se quiere) pueden servir para señalar fechas. Se podrían señalar muchas más, pero ello daría lugar a un diseño del cuadrante complejo y por ello se optó (dado el tamaño del mismo); por señalar sólo la referida por obvias razones. En definitiva y siguiendo la que entendemos como buena práctica de que un reloj de sol además de dar la hora enseñe

1) En la obra titula “TEMAS BERCIANOS” (Tomo I. Los monasterios del Alto Bierzo), cuyo autor es D. Augusto Quintana Prieto (Año 1983-Ponferrada), se habla bastante de este tema.

algo; abundan en el mismo elementos de contenido didáctico.

Hasta aquí me he limitado a una sencilla descripción del reloj, (ver foto de fig. 1) pero para los aficionados a estas cuestiones (en concreto para los lectores de “Carpe Diem”), es muy importante también el **aspecto técnico**, que incluye medidas y cálculos pertinentes para diseñar, construir y finalmente colocar el reloj. Por ello entiendo que en una publicación como esta es inexcusable analizar a fondo este aspecto.



Fig. 1.- Foto mostrando una vista general del libro-reloj correspondiente al día de su inauguración.

DISEÑO DEL CUADRANTE Y SU GNOMON

Tras los primeros tanteos se pensó en un libro abierto pero cuyas páginas formasen un ángulo menor de 180° . Su páginas habrían de ser prácticamente cuadradas y de unas dimensiones de unos 30 x 30 cm. Una vez construido (de hierro); se midió con cuidado y se vio que las páginas formaban un ángulo de 148° y que el marcapáginas dividía por la mitad este ángulo. No obstante al realizar esta operación ya se observó (primer problema); que era un tanto difícil lograr medidas exactas y lo que es peor que tanto las páginas como el marcapáginas no eran **planos rigurosamente planos** (valga la redundancia). No voy a detenerme en mostrar como es posible hacer las medidas. Hay varias formas bien conocidas y quizá la mas fiable y exacta es aquella que consisten medir lados (de un triángulo) para hallar a partir de las

medidas de aquellos los ángulos. En los libros de matemáticas de enseñanza secundaria (teorema del coseno, fórmulas de Briggs, fórmula de Herón,...); se explica el procedimiento. Por otra parte y como bien sabemos en este tipo de problemas, siempre tenemos al menos dos caminos para llegar a la solución, que son los métodos gráficos (quizá los mas rápidos y prácticos) y los numéricos que sin duda son los mas exactos. En definitiva que para el cálculo de las diferentes líneas horarias, partimos de la siguiente premisa:

-Apertura de las páginas 148° y formadas por dos ángulos de 74°.

Si ahora determinamos la altura (es decir la distancia del borde del marcapáginas) a la línea donde confluyen las páginas del libro podemos hacer el cálculo de las líneas horarias. Aunque en principio pensamos en una distancia de 4 cm. posteriormente observamos que era muy poco y decidimos darle 12 cm. Como resulta lógico la línea donde convergen las páginas del libro ha de ser rigurosamente paralela al Eje de La Tierra y por ello también la cantonera del marcapáginas lo será. Como se ve en la fig. 2, es muy sencillo calcular la posición de las diferentes líneas horarias. Esto se puede hacer – recordemos- de modo gráfico o de modo analítico (conviene utilizar ambos para evitar errores). En la fig. 2 conocemos la distancia A-B (12 cm) y conocemos los ángulos B-A-E y B-A- O que son en ambos casos de 74°. Como es obvio, los ángulos, B-A-8; B-A-9; B-A-10; B-A-16;.... Tendrán siempre 74°. Las distancias que hemos de hallar son A-7; A-8, A-9,...que como resulta evidente sirven para trazar las diferentes líneas horarias, que serán paralelas a la cantonera del marcapáginas (B) y a la línea definida por la unión de las páginas del libro, línea que pasa por el punto A. Los ángulos con vértice en B, serán de 15°, 30°, 45°,....como resulta también evidente. En definitiva que el punto B forma parte del gnomon que es la cantonera del marcapáginas.

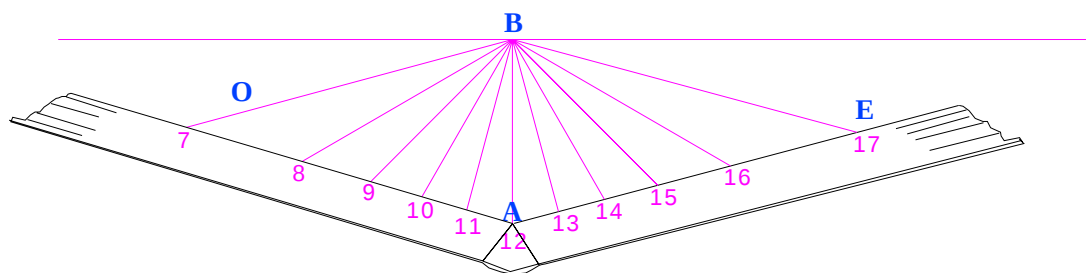


Fig.2 Composición geométrica para el cálculo de la posición de las diferentes líneas horarias. Los puntos O-A-E-B, están todos en un mismo plano, que es a su vez rigurosamente paralelo al plano del Ecuador de la Tierra.

Luego (teorema del seno) tenemos que A-11 será igual a $((A-B) \times \text{seno } 15^\circ) / \text{seno}(180^\circ - (74^\circ + 15^\circ))$; es decir 3,10 cm. dato éste que sirve para trazar las líneas horarias de las 11 y de la 1 de la tarde. Aplicando esta fórmula y teniendo en cuenta el valor de los ángulos A-B-10; A-B-9; A-B-8,.... obtenemos (cm.) los valores siguientes:

Hora	Distancia (cm)
11 ó 13	3,11
10 ó 14	6,18
9 ó 15	9,70
8 ó 16	14,45
7 ó 17	22,50

Las siguientes horas se salen ya del cuadrante. Se trata en definitiva de las distancias desde el punto A, a las diferentes líneas horarias, medidas en un plano paralelo al del Ecuador. Así pues si trazamos las líneas horarias según el cálculo anterior y si el reloj **se orienta correctamente** todo irá bien. Asumimos además (para hacer el cálculo); que los planos donde se dibujan las líneas horarias y asimismo el plano del marcapáginas, son planos perfectos. Luego habrá tiempo de tomar alguna medida adicional por precaución, porque como hemos señalado “los planos no son rigurosamente planos”.

Al hacer el cálculo de las distancias del punto A, a las diferentes líneas horarias podemos calcular también las distancias desde B a las mismas 7, 8, 9,... y medidas de nuevo en un plano paralelo al del Ecuador. Luego las necesitaremos. El procedimiento es tan similar al anterior que no es preciso

describirlo. La relación de distancias es la siguiente:

B a 11 ó a 13.-	11,53 cm.
B a 10 ó a 14.-	11,89 cm.
B a 9 ó a 15.-	13,19 cm.
B a 8 ó a 16.-	16,04 cm.
B a 7 ó a 17.-	22,40 cm.

LA ORIENTACION

He hablado de **orientar correctamente el libro** y aquí es donde hallamos un segundo problema. Para resolverlo fue preciso conocer con precisión el paso de la línea N-S, por la piedra que servía de pedestal. Ese paso se señaló en la roca con un lápiz y sobre la traza del lápiz (siguiendo la dirección de la misma), se hizo un taladro (varios centímetros), en el granito con una pendiente de $42,5^\circ$ (latitud del lugar). La cantonera del libro debería estar orientada según este agujero taladrado en la roca. Para ello se le colocó una varilla fuerte (y paralela a la línea de convergencia de las páginas) que sobresalía varios centímetros del “libro” y que se debería incrustar en la roca una vez taladrada. El taladro en el granito debería lógicamente tener una dirección N-S (Norte geográfico) exacta.

Para hallar la dirección N-S y aunque existen varios métodos optamos por hacerlo con un teodolito y la ayuda de las ortofotos del SIGPAC. El margen de indeterminación de estas ortofotos puede ser de ± 1 m. y por ello la técnica consistió en tomar como referencia para orientar las visuales del teodolito objetos muy lejanos. Los postes (las bases donde se asientan) de los tendidos eléctricos de alta tensión pueden ser unas buenas referencias. Se eligió un poste distante mas de 1.400 m. del emplazamiento del reloj y otras referencias auxiliares y teniendo en cuenta el valor de la convergencia (las coordenadas que facilita el SIGPAC y con las que en principio resulta sencillo trabajar son UTM), se determinó con gran rigor la dirección N-S. La operación es bastante laboriosa y no la describo en detalle, pero cualquier persona con unas nociones elementales de topografía sabe hallar la equivalencia entre diferentes tipos de coordenadas así como las diferencias entre los diferentes nortes. Las coordenadas del emplazamiento del reloj se calcularon mediante el SIGPAC, así como las de los postes lejanos. La convergencia $1^\circ 48'19,11''$ es decir ($1,805^\circ = 2,005g$). se puede calcular por varios métodos bien conocidos y así se pudo trazar sobre la roca el paso de la línea N-S.

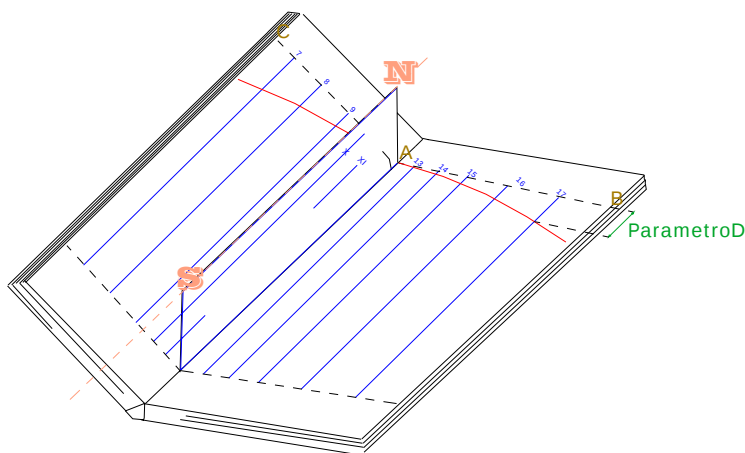


Fig.3 La línea N-S constituye el gnomon del libro reloj.
El parámetro D sirve para señalar la fecha del 11 de abril.

No obstante y como era de esperar la realización del taladro siguiendo justamente una traza paralela al eje terrestre en una roca tan dura como el granito; no se pudo lograr con absoluta precisión. Se comprobó con el teodolito, una vez ya incrustado el libro, que la dirección de la cantonera del libro así como en consecuencia la del marcapáginas era de $396,35g$. (en vez de $400,000g$). También se observó que no es tan sencillo conseguir que el libro o mejor dicho su cantonera tenga la pendiente correcta, ya que al ser una

estructura metálica tiene un peso que no es despreciable y al taladrar el granito del mismo modo que se produjeron desviaciones en dirección es probable que se produzcan en la pendiente. Por ello y con un nivel y una plantilla se comprobó que la pendiente de la cantonera (línea S-N de la fig. 3) era la adecuada es decir la correspondiente a la latitud del lugar.

LA SOMBRA DE LA IGLESIA



Fig. 4

Por otra parte se vio pronto (foto y fig. 4) que la sombra de la Iglesia y en parte del año por las **tardes** “taparía” el reloj. Se quiso aprovechar esta circunstancia para determinar cuando ocurriría eso y así convertir el reloj en un calendario elemental. En la foto citada (fig. 4) se observa a la derecha de la imagen la esquina NE de la iglesia, la que mas “estorba” dada su posición respecto al reloj que aparece en el centro de la imagen y al fondo. Para analizar este punto, se hizo un levantamiento topográfico de las TRES esquinas del tejado de la parte mas oriental de la Iglesia (ver fig. 5) y del punto de emplazamiento del reloj. Este levantamiento incluye posiciones en planta y cotas. En un primer cálculo y antes de colocar el reloj se determinó que la alineación de B (esquina NE de la iglesia) al reloj será de N 55,008° E (or. UTM-29) y la pendiente 46,153°. El azimut será si tenemos en cuenta la convergencia pues N 56,808°. Esta alineación corresponde pues a unos instantes (dos cada año) que serán inicio y fin del período en el que la sombra de la Iglesia “tapará” el reloj de sol.

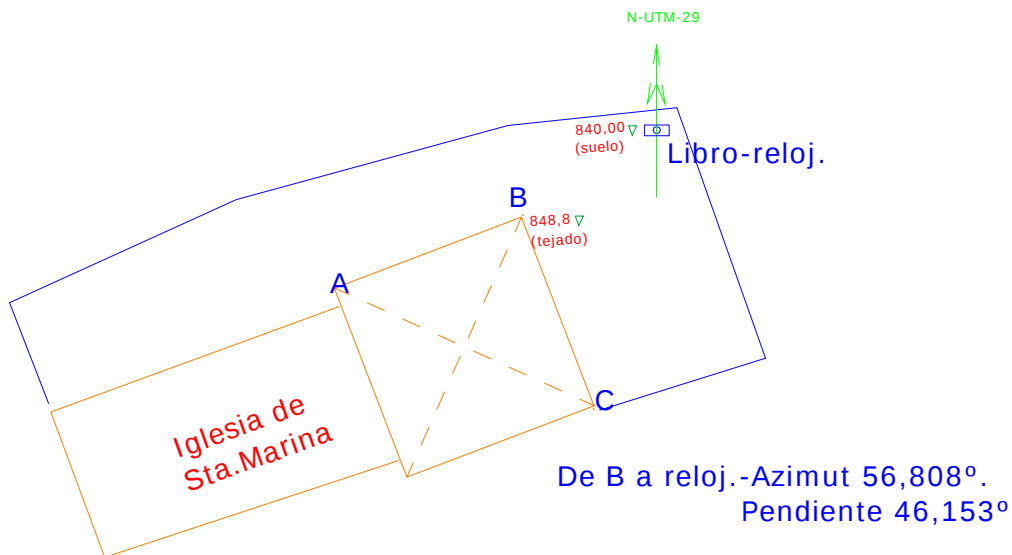


Fig.5 Plano en planta y cotas (m.) de las esquinas A-B y C de la Iglesia de Santa Marina y su situación respecto al libro reloj. El plano está orientado según el Norte UTM (huso-29) y Datúm Europeo 1950.

Así las cosas el problema se reduce a determinar las fechas y horas a las que los rayos del Sol en Santa Marina tienen ese azimut y esa pendiente. Pronto se comprobó que la alineación citada (azimut y pendiente) de los rayos solares se lograría cuando el valor de la declinación fuese de 12° . Este valor se alcanza (a efectos prácticos) el 21 de abril y el 21 de agosto todos los años; luego en los meses de mayo, junio, julio y parte de agosto y de abril la esquina B de la Iglesia **no dará sombra** al reloj. Durante el resto del año sí. En cuanto a las horas en las que se llega tanto en fecha 21 de abril como en 21 de agosto en abril (horario de verano en ambos casos) a la situación límite es decir a una dirección (azimut) de $56,808^\circ$ y una pendiente de $46,153^\circ$ y en base a los cálculos realizados y contrastados tanto de modo gráfico (en base al diseño del reloj-calendario de Castropodame y año de referencia 1992) como de modo mas ajustado (mediante las correspondientes hojas de cálculo) son las siguientes:

21 de abril.- las 4 de la tarde y 49 minutos
21 de agosto.- las 4 de la tarde y 53 minutos.

Estamos hablando en ambos casos -insisto- de hora oficial es decir la que utilizamos en la vida cotidiana, que como es bien sabido es tanto en abril como en agosto hora oficial de verano. Este cálculo y aunque sólo sea por simple precaución convendría volver a realizarlo, midiendo de nuevo sobre el terreno una vez que el reloj **ya está definitivamente instalado**. Es una de las tareas que tengo pendientes y que espero en breve acometer. No está de más recordar que se trata de un caso similar al de la mina MILE (León) o el túnel de Valdealgofra (Teruel) ya citados y estudiados respectivamente en esta revista.

El reloj puede funcionar también como un rudimentario calendario; pero hablando del calendario hay otro asunto muy importante que citar. Ya se dijo que se buscaba señalar la fecha de **11 de abril**, fecha esta que por razones históricas muy significativa para el pueblo de Santa Marina aprovechando la circunstancia de que la sombra cantonera del gnomon puede ser utilizada como es evidente para señalar fechas.

UNA FECHA SIGNIFICATIVA

El valor de la declinación en fecha 11 de abril del año 2010 osciló entre $8^\circ 11' 47''$ y $8^\circ 13' 49''$. En años sucesivos los valores serán similares así pues un valor medio de $8,2^\circ$ puede ser aceptable. Puesto que el Sol ese día está por encima del plano del Ecuador, el asunto se reduce a determinar la traza de los rayos solares sabiendo que se disponen en una superficie cónica cuyo eje (el del cono) es el Eje Terrestre (la cantonera del marcapaginas, esto es la alineación S-N de la fig. 3), cuya sección forma con este eje un ángulo de $(90^\circ - 8,2^\circ)$ y cuyo vértice apunta al Polo Norte terrestre (declinación positiva). El vértice de este cono se ha de ubicar en la parte norte del marcapáginas, es decir en el punto N de la fig 3. Podría haberse elegido la parte Sur pero entonces la traza discurriría por la frase allí escrita.

Para calcular la traza (ver fig 3) que en fecha 11 de abril describirá en las páginas del libro el punto N, debemos conocer primeramente las distancias de N a la parte superior de las diferentes líneas horarias, pues estas terminan en unas líneas (A-B y A-C) que están contenidas en el plano ecuatorial al igual que el punto N. Estas distancias son las que ya obtuvimos, recordemos al diseñar el cuadrante y calcular la posición de las diferentes líneas horarias, que en este caso y como resulta evidente serán líneas rigurosamente paralelas (al menos teóricamente). Estas distancias que parten de N (el punto equivalente al B de la fig 2), eran las siguientes:

B a 11 ó a 13.-	11, 53 cm.
B a 10 ó a 14.-	11,89 cm.
B a 9 ó a 15.-	13,19 cm.
B a 8 ó a 16.-	16,04 cm.
B a 7 ó a 17.-	22,40 cm.

Conocidos estos datos, ya podemos saber a que distancia de la parte superior de las diferentes líneas horarias discurrirá la sombra del punto N en la fecha señalada (11 de abril). A los solos efectos de clarificar el procedimiento llamaremos a estas distancias parámetro D, que se señala en la fig 3 sólo sobre la línea horaria de las 17 horas; pero que lo calculamos lógicamente para todas las demás. Al mediodía solar este valor será lógicamente nulo. Para calcular los valores del parámetro D en las diferentes horas, bastará multiplicar las distancias que ya conocemos por tangente de $8,2^\circ$ y así obtenemos los datos definitivos:

Hora	D (cm)
7 ó 17.-	1,66.
8 ó 16.-	1,71
9 ó 15.-	1,90
10 ó 14.-	2,30
11 ó 13.-	3,22

Por supuesto que hemos de tener en cuenta lo dicho ya al principio: los planos del cuadrante no son quizá planos perfectos, la orientación no es rigurosamente la teórica,... Y por ello y sin prejuicio por supuesto del cálculo expuesto lo más fiable será que sea el propio Sol el que nos guíe. En fecha 1 de septiembre el valor de la declinación es similar a la del 11 de abril y ya sirvió para tal menester, no obstante lo que procede es señalar en fechas previas al 11 de abril la traza buscada pero de modo provisional y esperar a la fecha en cuestión para hacer una traza definitiva.

EPILOGO

En realidad esto de tomar al propio Sol como guía, fue el método que como medida de precaución también utilizamos al trazar las líneas horarias (en fecha 19 de agosto de 2010) mas alejadas del mediodía, es decir en aquellas en las que habrá de ser mas evidente la diferencia entre el cálculo teórico y la realidad, motivada como se ha señalado por las dificultades que implica la construcción y la orientación de una pieza como esta. En efecto se observó que entre lo teórico y lo real había pequeñas diferencias en el caso de las líneas horarias, que de ese modo se limaban o disimulaban mucho mas. Con el fin de asegurar que todo iba bien y puesto que colocamos una placa conversora de tiempo oficial en tiempo solar verdadero, preguntamos al profesor Melchor, vecino de Santa Marina y uno de los impulsores de la idea si había observado alguna anomalía (el 19 de agosto después de todo es un día que en ciertos aspectos es diferente de otros) y nos dijo que no. Como medida de precaución en fecha 26 de octubre de 2010 y provisto de un reloj digital previamente contrastado (lo que permite conocer la hora con una indeterminación máxima de 1 ó 2 segundos) hice yo una observación y a resultas de la cual comprobé un desfase de 3 minutos (que adelanta el reloj de sol). Como resulta evidente es tan insignificante que hasta podría valer para ir a trabajar y por supuesto si la observación se hace con la tabla conversora es prácticamente imposible de detectar.

Esperamos que con la traza de la fecha del 11 de abril ocurra lo mismo y que en definitiva este libro-reloj, cumpla bien su cometido que es el de **enseñar** y en este caso no sólo cuestiones de geodesia o astronomía, si no también de historia.

Santa Marina de Torre, noviembre de 2010

© Rogelio Meléndez, 2010

EL PRIMER RELOJ DE SOL PORTÁTIL

Por Francisco Polop Bas

Desde el 3000 a.C. en Egipto (aunque se supone que también en mesopotamia y en la costa fenicia) aparecen los primeros obeliscos (monumentos de piedra de sección rectangular que va disminuyendo en sección hasta rematar en una pequeña pirámide). Esta pirámide estaría en casos recubierta de oro de tal manera que los rayos solares harían brillar la caras iluminadas directamente por el Sol. Parece evidente que los obeliscos tenían relación con el culto solar. Pero también se ha sugerido que el obelisco serviría igualmente de gigantesco gnomon vertical cuya longitud variable de sombra a lo largo del día serviría como base de la medición del tiempo. De hecho mucho más tarde, en los primeros años de nuestra era, el emperador Augusto erigió en Roma un obelisco que trajo Egipto (Obelisco de Psamético II) para que funcionara como gnomon de un enorme reloj de sol. Actualmente el Obelisco se encuentra en la Plaza di Montecitorio (Roma) cumpliendo solo una función ornamental.

Por el contrario, otros autores desechan esta opinión, argumentando que las inscripciones de los obeliscos establecen claramente su propósito sin indicar nada respecto a la medición del tiempo. De hecho, por ejemplo, las inscripciones del obelisco de la reina-faraón *Hatshepsut* en el templo de Amón (Karnak) predicen que los futuros admiradores pueden dudar del propósito del obelisco y el texto continúa indicando entre otras cosas (que no tienen que ver con la medición del tiempo), su amor a *Re*, su dedicación a su padre *Amun*, y que está erigido para que su nombre (el de la reina) perdure eternamente. Lo cual, dicho sea de paso, de momento lo va consiguiendo.

Lo que es totalmente cierto es que el reloj de sol portátil más antiguo que ha sobrevivido hasta nuestros tiempos data de aproximadamente el 1500 a.C., de la época del faraón Tutmosis III (de hecho lleva inscrito su nombre). Se trata de una pieza de piedra que se encuentra en el museo egipcio de Berlín (inv. Nº 19744). Esta pieza tiene forma de “L” con 5 círculos en el brazo largo.

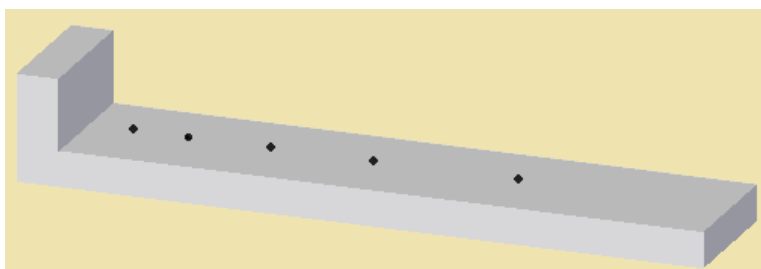


Fig.1. Representación del reloj solar portátil existente más antiguo.

En 1910 el arqueólogo alemán Ludwig Borchardt, propuso que esta pieza y otras similares encontradas, eran las partes supervivientes de relojes a los que le faltaría un elemento adicional, una barra cruzada de dimensiones similares a las de la base que se uniría a la parte superior del bloque vertical y que se extendería horizontalmente como en la Figura 2, y que transformaría la forma en “L” a otra más parecida a una “T”.⁽¹⁾

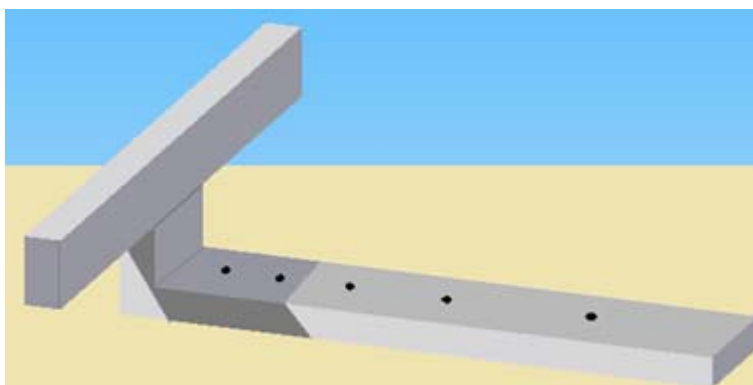


Fig.2. Propuesta de Borchardt que “completa” el reloj de sol portátil más antiguo.

Con la barra transversal a cierta altura, Borchardt indicó que los dispositivos podrían dar las horas temporales. Las horas temporales, también llamadas, estacionales, planetarias o desiguales fueron las que definieron el tiempo en la antigüedad. Para griegos y romanos una hora era el resultado de dividir por 12 el tiempo que el sol está sobre el horizonte. Es decir que en verano las horas de un día eran más largas que en invierno.

Borchardt expuso la teoría de que el reloj se debía alinear exactamente hacia el Este por la mañana, y tras el mediodía al Oeste. La hora del instrumento era leída por la longitud de la sombra del travesaño sobre las marcas. Esta interpretación se debe a que la única fuente donde se explica su funcionamiento es en el texto del reloj del Libro de Nut del Osirion (más conocido en inglés: *Osireion*), o sea del cenotafio de Sethi I, en Abidos, en el que se indica que el instrumento se alinea con el este y al final de la cuarta hora se gira. En realidad no es fácil la interpretación del texto pues también menciona que hay que alinearlos con el sol, y además, en algunas palabras hay dudas sobre su traducción.⁽²⁾ De todos modos la hipótesis de Borchardt caló, y posteriormente en 1965, el holandés Evert Marie Bruins, que entre otras actividades, fue profesor de matemáticas en Bagdad, concluyó que un conjunto de tres travesaños de diferentes alturas, efectivamente daría las horas estacionales a lo largo del año con buena aproximación⁽³⁾. Y así a partir de entonces todos los autores que se referían a este dispositivo, indicaban que funcionaba con la barra añadida.

Recientemente Sarah Symons⁽⁴⁾ ha desechado esta hipótesis por varios motivos que muy brevemente resumo:

- 1.- La única explicación encontrada del funcionamiento de un reloj de este tipo es (Libro de Nut del cenotafio de Sethi I) en la que Borchardt dedujo que debía haber un travesaño y que debe alinearse con el Este por la mañana y el Oeste por la tarde, es como se ha apuntado antes, de difícil interpretación.
- 2.- No se ha encontrado representación alguna del reloj en forma de “T” y sí sin embargo en forma de “L” sin ninguna pieza superior (por ejemplo en el diagrama del reloj del libro de Nut del Osirion mencionado antes).
- 3.- Por otra parte es lógico suponer que los posteriores relojes portátiles de la época Ptolemaica⁽⁵⁾ “relojes inclinados”, (Fig. 3) son básicamente evoluciones del reloj en “L”. Pues bien, en estos no tiene sentido añadirles ninguna pieza, y funcionan encarándolos al sol siempre (aunque en este caso además la hora se lee según las líneas de fecha).
- 4.- El alineamiento exacto Este-Oeste del dispositivo junto con la dirección Norte-Sur del travesaño, puede plantear problemas. Se necesitaría una referencia externa al reloj. Mientras que si se supone que siempre debe encararse al sol como los posteriores relojes inclinados, la alineación es sencilla.
- 5.- Si se analiza matemáticamente el reloj, no existe una precisión aceptable con la solución de los travesaños para medir horas estacionales. Y ni siquiera es seguro que los relojes en “L” estuvieran destinados a medir este tipo de horas.

La conclusión de Symons es que se trataba de un dispositivo sin añadiduras (sin el travesaño), que se encaraba al sol siempre, para según la longitud de la sombra en las marcas, orientarse aproximadamente en el tiempo del día, más que para medir exactamente algún tipo de hora.

Deduzco pues que según esta nueva hipótesis, el tiempo definido por el instrumento no se correspondería a una definición de hora, sino que serviría para la coordinación de actividades. Si un grupo de personas disponen del mismo tipo de dispositivo, con las mismas dimensiones y marcas “horarias” a las mismas distancias, aunque los tiempos no se ajusten a ninguna definición tal y como entendemos ahora, sí permitiría sincronizarse entre ellos en cualquier fecha del año.



Fig.3. Uno de los relojes de sol inclinados que se muestran en jeroglíficos de la época ptolemaica (de este tipo de reloj de horas estacionales existen bastantes ejemplos que han sobrevivido), como el encontrado en Qantara que data del 320 a.C.⁽⁶⁾

ANÁLISIS MATEMÁTICO SOBRE LA PRECISIÓN DEL RELOJ PARA MEDIR HORAS ESTACIONALES.

Se realiza a continuación un seguimiento del análisis realizado por Symons sobre el funcionamiento del primer reloj de sol, suponiendo que se le acoplaran travesaños en función de la fecha. En el seguimiento se relacionan los pasos, por otra parte obvios, que no se detallan en la tesis de Symons.

Tanto en esta pieza en “L” como en otra similar 500 años más reciente (también en el museo egipcio de Berlín Inv. inv. 19743), como en el reloj descrito en el *Libro de Nut* en la versión de la cámara del sarcófago de Osireion, si se da valor 1 a la distancia entre el bloque vertical y el primer círculo, entonces la distancia entre el primer círculo y el segundo es 2, entre el segundo y el tercero es 3, entre el tercero y el cuarto, 4 y entre el 4º y el 5º, es 5. O sea, la relación de distancias es 1: 2: 3: 4: 5. En concreto las distancias de las marcas hasta el gnomon (parte vertical del instrumento) que se indican en el diagrama del reloj del Osireion son 3, 9, 18, 30, 45 que cumplen con la relación expuesta. Es con estas distancias con las que vamos a probar el reloj.

Estos relojes pertenecen a lo que en gnomónica se llaman relojes de altura o altitud, en los que es no la dirección de los rayos solares, sino su inclinación sobre el horizonte, debida a su vez a la altura del astro, la que da la hora según la fecha. La altura depende obviamente de la hora, de la fecha (declinación ese día), pero también de la latitud, de tal manera que estos relojes son válidos para una latitud determinada. En este caso se adopta la latitud de 30° (próxima a la de El Cairo, en el delta del Nilo) como hizo Bruins, y de nuevo, Symons.

La fórmula que nos relaciona la altura del Sol con la fecha, la hora y la latitud del lugar es la siguiente:

$$\text{sen } h = \text{sen } \varphi \text{ sen } \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos AH$$

Siendo “h” la altura (sobre el horizonte) del centro geométrico del Sol en grados; “ φ ” la latitud del lugar; “ δ ” la declinación del Sol en una determinada fecha (distancia angular entre el plano del Sol y el plano del ecuador); y “AH” el ángulo horario del sol. El ángulo horario del sol, o de un astro en general, es el arco del ecuador celeste desde el punto de intersección del meridiano del lugar con el ecuador hasta el círculo horario de ese astro. La hora en la que el Sol cruza el meridiano local supone un ángulo horario 0.

Pero a diferencia de los relojes de sol de altura que fueron desarrollados posteriormente que siempre se orientan hacia el sol, en este caso analizamos la hipótesis de que este reloj se mantiene dirigido al este por la mañana, y al oeste por la tarde. Por lo tanto debemos saber no solo la inclinación de los rayos sobre el horizonte (que viene definida por la altura del sol) sino también la dirección con que vienen. Es decir el azimut. En astronomía azimut es el ángulo o longitud de arco medido sobre el horizonte celeste que forman el punto cardinal Sur y la proyección vertical del astro sobre el horizonte del observador situado en alguna latitud Norte (se mide desde el punto cardinal norte en el hemisferio sur). Se mide en grados desde el punto cardinal en sentido de las agujas del reloj: Sur-Oeste-Norte-Este.

Sabiendo el azimut y la altura del sol, podemos saber la altura del gnomon (a) para que llegue la sombra a una determinada marca (d) o viceversa.

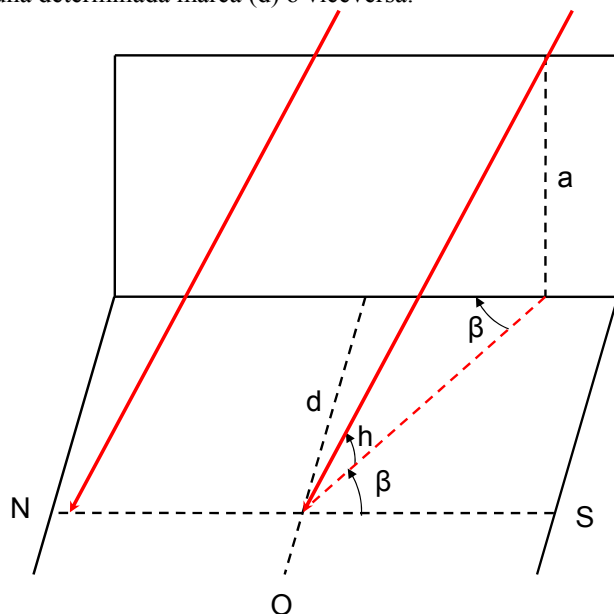


Fig. 3. Representación del problema. Con un azimut (en la figura es negativo) y una altura del astro, se puede averiguar bien la altura del travesaño (a) si se sabe la distancia de la sombra en el dispositivo (d), o al revés, se puede averiguar “d” a partir de “a”.

Symons analiza el funcionamiento del sol a lo largo del día de los equinoccios y solsticios (al igual que hizo Bruins para simplificar el problema). La declinación en los equinoccios es por definición 0°, ya que es el día en que el Sol en su aparente trayectoria anual, queda a la misma altura que ecuador celeste. En cuanto a la declinación del sol en los solsticios, equivale a las posiciones en que el Sol queda más distanciado del ecuador celeste. Actualmente la inclinación de la eclíptica plano de la órbita de la Tierra alrededor del sol) es de 23° 26' 21''. O sea que la declinación del sol el solsticio de verano es de + 23° 26' 21'', y en el solsticio de invierno es - 23° 26' 21''. Pero las declinaciones varían a lo largo de los siglos sustancialmente porque la eclíptica varía su inclinación respecto del ecuador. O sea que hay que saber la oblicuidad de la eclíptica, “e”, hacia el 1.500 a.C. La fórmula que toma Symons es la adoptada por la Unión Astronómica Internacional para calcular la oblicuidad media de la eclíptica a lo largo del tiempo es:

$$e = 23^{\circ} 26' 21'',448 - 46'',8150 T - 0'',0059 T^2 + 0'',001813 T^3$$

Donde “T” es el número de centurias julianas (36.525 días) desde la época J2000.0. Symons, toma el valor de: T= – 35, lo cual es correcto para la precisión que se necesita (ver nota).

Sustituyendo T, obtenemos que e = 23°,87. O sea prácticamente los 23°,9 que toma Symons. Con esto ya sabemos que la declinación en el solsticio de verano en aquella época era de +23,9 grados y en el de invierno de -23,9 grados.

Si sabemos el ángulo horario al que sale el sol en las fechas seleccionadas (equinoccios y solsticios) sabremos el tiempo que el sol tarda desde su salida hasta culminar el meridiano (ángulo horario 0). Es decir sabremos en cuánto tiempo completa medio día (entendiendo por día, el tiempo en que el sol está sobre el horizonte), y dividiendo entre 6, sabemos los ángulos horarios y tiempos de cada hora estacional.

Igualando $h = 0$ en la fórmula de la altura del sol (la altura es cero cuando geométricamente la mitad del sol sale, o se pone, por el horizonte), tenemos:

$$\sin 0 = 0 = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos AH$$

$$\cos AH = - \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta$$

Si queremos saber los ángulos horarios de las horas estacionales en los equinoccios, igualamos la declinación a cero y obtenemos (la latitud la hemos fijado en 30°N) que el ángulo horario es de 90°. Como no podía ser de otra manera pues en los equinoccios, el sol sale justo por el este y se pone por el oeste, y dado que el ángulo horario se mide (por definición) desde el sur, la distancia angular es de 90°. Dividiendo 90 entre 6, tenemos que 15° será la diferencia angular entre las horas estacionales. Es decir que el ángulo horario de la salida del sol en los equinoccios es 90°, y tras una hora estacional, su ángulo horario es de 75°, después 60°, etc. En realidad los ángulos horarios hacia el este son negativos y hacia el oeste son positivos, luego las 12 horas estacionales de los equinoccios se producen en los siguientes ángulos horarios: -90, -75, -60, -45, -30, -15, 0, 15, ...

En este día los ángulos horarios de las horas estacionales coinciden con los de las horas iguales (equinocciales).

En el caso del solsticio de verano, en la fórmula se sustituye la declinación por 23,9° y se obtiene que el sol sale por el noreste, con un ángulo horario de 104,82°, que dividido entre 6 da, 17,47°. Y de la misma manera se obtienen los ángulos horarios del solsticio de invierno para las horas estacionales.

	ANGULOS HORARIOS DE LAS HORAS ESTACIONALES 30° LATITUD													
Solst. Inv.	-75,18	-62,65	-50,12	-37,59	-25,06	-12,53	0,00	12,53	25,06	37,59	50,12	62,65	75,18	
Equinocc.	-90,00	-75,00	-60,00	-45,00	-30,00	-15,00	0,00	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00	
Solst. Ver.	-104,82	-87,35	-69,88	-52,41	-34,94	-17,47	0,00	17,47	34,94	52,41	69,88	87,35	104,82	

Ahora sabiendo los AH a los que se producen las horas estacionales podemos saber la altura del sol en cada hora temporal aplicando la fórmula de la altura del sol para cada fecha (sustituyendo los AH y la declinación correspondiente).

	ALTURA DEL SOL PARA CADA HORA ESTACIONAL												
	0	1	2	3	3	5	6	7	8	9	10	11	12
Sols. Inv.	0	9,3	17,8	25,1	31,0	34,8	36,1	34,8	31,0	25,1	17,8	9,3	0
Equinocc.	0	13,0	25,7	37,8	48,6	56,8	60,0	56,8	48,6	37,8	25,7	13,0	0
Sols. Ver.	0	13,8	28,4	43,3	58,4	73,3	83,9	73,3	58,4	43,3	28,4	13,8	0

Tabla 1. Altura del sol para cada hora estacional en equinoccios y solsticios en 30° Latitud.

E igualmente podemos saber sustituyendo los valores, el azimut para cada hora, por una de las fórmulas del azimut:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\operatorname{sen} AH}{\cos AH \operatorname{sen} \varphi - \cos \varphi \operatorname{tg} \delta}$$

	HORA ESTACIONAL												
	0	1	2	3	3	5	6	7	8	9	10	11	12
Sols. Inv.	-62,1	-55,4	-47,5	-38,0	-26,8	-14,0	0,0	14,0	26,8	38,0	47,5	55,4	62,1
Equinocc.	-90,0	-82,4	-73,9	-63,4	-49,1	-28,2	0,0	28,2	49,1	63,4	73,9	82,4	90,0
Sols. Ver.	-117,9	-109,9	-102,7	-95,7	-87,4	-72,8	0,0	72,8	87,4	95,7	102,7	109,9	117,9

Tabla 2. Azimuts de las horas estacionales en para los equinoccios y solsticios en 30°.

Symons (al igual que Bruins) compara los resultados con las distancias de las marcas del reloj de Osireion. Las marcas están distanciadas 45, 30, 18, 9, y 3 unidades desde el gnomon (parte vertical a la que se le acopla el travesaño). El método que utiliza es el de averiguar la altura total del gnomon (parte vertical de la “L” más travesaño) para que la sombra alcance exactamente la segunda marca más distante al gnomon (30 unidades de distancia) al principio de la segunda hora estacional.

Así por ejemplo si tomamos la declinación 0° (equinoccios), para el inicio de la segunda hora temporal el azimut es de -73,9°. Viendo la Figura 3, vemos que el seno del azimut (que podemos tomar con valor positivo) es la distancia “d” a la que damos valor 30, dividido por la hipotenusa (línea discontinua de color rojo). Luego la hipotenusa vale 31,22 unidades.

Por otra parte la altura del sol en esta hora en esta fecha es de 25,7°, y viendo de nuevo la Figura 3, vemos que su tangente es la altura del gnomon dividido entre el valor encontrado antes. Luego la altura del gnomon debe ser 31,22 multiplicado por la tangente de 25,7°, o sea 15. Esta es la altura total desde la base (donde están las marcas del reloj) hasta el tope del travesaño para que al inicio de la segunda hora temporal en una fecha de equinoccio, la sombra llegue justo a la segunda marca del reloj. Ahora ya sabiendo la altura del gnomon para los equinoccios, se puede calcular la longitud de la distancia, “d”, de las sombras en las siguientes horas (ya sabemos el azimut y la altura), y ver si coinciden con las marcas.

Realizando la misma operación con las otras fechas (la altura del gnomon en el solsticio de invierno debe ser de aproximadamente 13, y la del verano, 16,6) se obtienen las siguientes distancias que coinciden plenamente con las de Symons (y Bruins).

Longitud de las marcas hasta el gnomon en el reloj de Osireion					
	45,000	30,000	18,000	9,000	3,000
Longitud debida de la sombra a las horas estacionales					
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª
Sols. Inv.	65,716	30,000	17,127	9,817	4,537
Equinocc.	64,641	30,000	17,321	10,000	4,641
Sols. Verano	63,380	30,000	17,538	10,204	4,756

En la segunda hora estacional no hay diferencias pues es la que hemos hecho coincidir exactamente calculando la altura del gnomon apropiada para ello. En la tercera hora la diferencia es poca, algo mayor

en la cuarta, pero en la quinta y primera la diferencia es muy considerable. Symons indica que el error no es aceptable si se pretendía marcar las horas estacionales y que incluso esta pretensión puede no ser cierta, pues no se sabe con seguridad que se utilizaran estas horas, al menos por el día.

Pero si se traducen estas diferencias de longitudes de sombras a tiempo de desfase entre que la sombra llega a la marca y el tiempo en que llega a la longitud correcta para marcar la hora estacional, la diferencia no llega a 28 minutos en ningún caso. Concretamente en la tercera hora no llega a 5 minutos; en la cuarta sobrepasa algo los 14 minutos (en el solsticio de verano, porque en el de invierno es de solo 7 minutos y en los equinoccios de unos 10); en la quinta llega a 25,3 minutos la diferencia; y en la primera es donde se llega a los 27 minutos en el solsticio de verano (24 en los equinoccios y 21 en el solsticio de invierno).

Concluyo que el conjunto de los razonamientos de Symons es lo suficientemente contundente como para desechar la idea del acople de travesaños al reloj en “L”, pero que si nos ceñimos solo al argumento de la precisión, una vez calculada, esta no es tan disparatada como para desechar totalmente la hipótesis de Borchardt, teniendo en cuenta que se trataba del primer diseño de reloj de sol. Sin embargo encuentro otro argumento que no he visto que se mencione en ninguna parte en contra la tesis de Brochardt que es el de las dimensiones del reloj. Si se observan los relojes en “L” supervivientes, se ve que la altura del brazo vertical es solo unas dos veces mayor que su distancia a la primera marca. Esto quiere decir que hay que añadir bastante altura hasta la mínima necesaria (solsticio de invierno). Si la distancia a la primera marca es de 3, la altura mínima del gnomon (solsticio de invierno) tenía que ser de 13, es decir unas cuatro veces la distancia a la primera marca (el doble de la que tiene). Si la idea era acoplar travesaños, ¿no hubieran escogido una mayor altura del brazo vertical para que así fuera necesario elevar menos la altura en todas las fechas?

∞ ∞ ∞ ∞

Nota: La fórmula de las centurias julianas transcurridas, “T”, se calcula por el número de día juliano “JD”, de la fecha en cuestión menos el día juliano de la época J2000.0, (12 de la mañana del 1 de enero del año 2000) dividido entre 36525 días (siglos de años del calendario juliano: 365,25 días). Dado que el número del día juliano de J2000.0 es 2.451.545, la fórmula es:

$$T = \frac{JD - 2451545}{36525}$$

Mediante el algoritmo para averiguar el día juliano, “JD”⁽⁷⁾, se puede calcular que el 1 de enero, a las 12 horas, del año 1500 a.C. (año – 1499 si consideramos 0 el año anterior al 1 d.C.) se corresponde al 1.173.549. Por tanto, T ≈ -34,99. O sea prácticamente el valor que toma Symons (-35).

En rigor habría que tomar el día juliano medido en tiempo dinámico (JDE) y no en tiempo universal JD, como he hecho⁽⁸⁾. Pero esto no cambia el resultado para la precisión necesitada. Para convertir JD en JDE, hay que sumar “Delta T” al día Juliano calculado anteriormente⁽⁹⁾. Delta T resulta ser aproximadamente 0,45 días, con lo que JDE es 1.173.549,45, que sustituido en la fórmula sigue obviamente dando aproximadamente: -34,99

∞ ∞ ∞ ∞

(1) L. Borchardt. *Die Altägyptische Zeitmessung*. Berlin 1920. L. Borchardt. *L'Altägyptische Sonnenuhren* ZAS. 1910. 48. Págs. 9-17.

(2) Sarah Symons. *Ancient Egyptian astronomy: timekeeping and cosmography in the new kingdom*. Submitted for the Degree of Doctor of Philosophy. University of Leicester Dept. of Mathematics.1999. Pág. 132.

Se hace referencia a la traducción de del texto sobre el reloj de sombra del Libro de Nut en el Osireion: Frankfort , H., De Buck, A. & Gunn, B. *The Cenotaph of Seti I at Abydos* , 2 vol. Memoir of the Egypt Exploration Society, Egypt Exploration Society. London, 1933.

- (3) E.M. Bruins. *The Egyptian shadow clock*. Janus 1965 Vol. 52 pp. 127-137
- (4) Sarah Symons. *Ancient Egyptian astronomy: timekeeping and cosmography in the new kingdom*. Submitted for the Degree of Doctor of Philosophy. University of Leicester Dept. of Mathematics. 1999. Págs. 130-151.
- (5) Sarah Symons. *Ancient Egyptian astronomy: timekeeping and cosmography in the new kingdom*. Submitted for the Degree of Doctor of Philosophy. University of Leicester Dept. of Mathematics. 1999. Pág. 134. La fuente original que cita es: *Valeurs Phonétiques des Signes Hieroglyphiques d'Epoque Greco-Romaine* Vol. 4 p. 731.
- (6) Marshall Clagett. *Ancient Egyptian Science. Calendars, Clocks, and Astronomy*. Volume II, 1995. ISBN: 0-87169-214-7. Pág. 93.
- (7) Jean Meeus. *Astronomical Algorithms*. Willmann-Bell 1998. Second edition. ISBN: 0-943396-61-1. Págs. 59-61.
- (8) Jean Meeus. *Astronomical Algorithms*. Willmann-Bell 1998. Second edition. ISBN: 0-943396-61-1. Pág. 143
- (9) Jean Meeus. *Astronomical Algorithms*. Willmann-Bell 1998. Second edition. ISBN: 0-943396-61-1. Pág. 78

∞ ∞ ∞ ∞

Carpe Diem

Nº 37 Edición trimestral

Revista de gnomónica

Diciembre 2010

La primera revista digital de gnomónica en español

Joan Serra Busquets

UN RELOJ DE SOL INSÓLITO SOBRE COLUMNA EN EL ANTIGUO CONVENTO DE LA BAUMETTE (ANGERS, FRANCIA)¹

Por Manuel Pizarro Gavilán (manolopizarro@yahoo.es)

Introducción

La eterna búsqueda de nuevos sistemas para registrar, organizar y medir el paso del tiempo, está ligada al avance intelectual y al desarrollo tecnológico, pero es inseparable de los mitos y creencias arraigadas en la sociedad, de sus manifestaciones artísticas y de la propia percepción biológica y psicológica del hombre. Así, desde la Antigüedad, se propaga el uso de relojes solares que evolucionan como instrumentos científicos a partir del primitivo “gnomon” importado de Babilonia por los griegos en un intento por comprender la mecánica del Sistema Solar.

Mediante su diseño y funcionamiento los relojes de sol, indican la hora, el paso de las estaciones y el movimiento aparente del Sol en el cielo. Pero también, son un reflejo de gran artesanía, objetos que ejecutan una función con una poderosa imagen de resistencia y permanencia. Ya en la Edad Media, la Gnomónica comienza a rivalizar con la relojería mecánica por ocupar un lugar como disciplina de control del tiempo y gracias al avance de las matemáticas, la astronomía y la cartografía, se facilita la invención de nuevos modelos bastante ingeniosos, tanto portátiles como fijos y sobre superficies variadas. Pero en el siglo XX, los relojes de sol pierden su utilidad práctica para la sociedad, caen en el olvido y se convierten entonces en objetos decorativos para las viviendas, en material para coleccionistas y curiosidad científica para unos pocos.

Durante una visita turística en septiembre de 2007 al antiguo convento de “La Baumette” en Angers (Maine-et-Loire) con motivo de las Jornadas Europeas de Patrimonio, el autor de este trabajo tuvo la oportunidad de descubrir un original reloj de sol (**Fig. 1a**) en uno de los patios del edificio. Hay que señalar, que pese a tratarse de un conjunto gnomónico constituido por varios cuadrantes, tanto sobre una columna como sobre la base de la misma, éste no aparecía inventariado por la Sociedad Astronómica de Francia (SAF) ni tampoco en algunos catálogos de patrimonio regional que sí incluían otros tipos más habituales.

El objetivo de este trabajo, por consiguiente, es describir este curioso reloj de sol, explicar su funcionamiento y realizar un análisis sobre su rareza y originalidad.

La Baumette, breve reseña histórica

El antiguo convento de La Baumette es un edificio con una historia dilatada e interesante por sus numerosas ocupaciones, situado en el último espolón rocoso del valle de La Maine poco antes de la confluencia con la Loira y en el límite sur del municipio de Angers (**Fig. 2a**). Catalogado Monumento Histórico en 1941 y en proceso de restauración desde mediados del siglo XX, destaca por su patrimonio artístico y su construcción.

Su origen se remonta al año 1452, cuando René, rey de Sicilia y duque de Anjou, coloca la primera piedra del convento consagrado a Santa María Magdalena sobre la “Roc de Chanzé”, propiedad del Conde de Laval que se la ofreció al rey por consejo de su segunda y joven esposa. Es entonces, cuando el lugar pasa a llamarse La Baumette – o pequeña Baume – como semejanza a la gruta de Provence donde la religiosa pasó sus últimos días.

En el año de 1456, los Cordeliers ocupan el edificio recién construido que se organiza según el plan benedictino clásico y con las piedras extraídas los monjes levantan poco a poco los muros para hacer las terrazas y los jardines, que se escalonan en 14 niveles diferentes desde lo alto de la roca hasta la rivera del río. Durante años, recibe ilustres visitas como las de Ana de Bretaña (1490) y Rabelais (1510). Pero en

¹ Este trabajo ha sido publicado anteriormente en la revista francesa “*Cadran-Info*”, nº 22, p. 53-65 (octubre de 2010)

1596, es reocupado por los hermanos recoletos, que fundan la primera casa de esta orden en Francia y permanecen hasta 1791, realizando importantes transformaciones en el edificio, sobre todo en el claustro y la iglesia.

Antes de la Revolución, habiendo albergado un hospicio y una enfermería, el convento es vendido como bien nacional el 4 de octubre de 1791 y posteriormente adquirido por M. J.J. de Jully, propietario del dominio vecino de Châteaubriant. De 1820 a 1830 lo abandona para disfrute del Seminario como casa de campo, pero los edificios caen en ruina y el obispo los revende a M. Jules Cheux, abogado del Tribunal Imperial de Angers, que realiza importantes restauraciones.

Después, La Baumette pasa a su hijo Albert Cheux que edifica una torre octogonal de 20 m – en la parte alta de la roca – para efectuar observaciones meteorológicas (**Fig. 3b**). A su muerte en 1914, el antiguo convento es adquirido más tarde por sus herederos (M. et Mme. Robert) que lo habitan en la actualidad. Por fatalidad, la torre de observación es destruida por un carro de combate americano desde el puente de Pruniers en 1944.

Albert Cheux, el meteorólogo angevino

Tras una buena formación alentada por su padre, Albert-Jules Cheux (**Fig. 3a**) comienza a realizar observaciones de fenómenos meteorológicos desde 1866, con la descripción de halos solares y meteoros luminosos. Para facilitar estas observaciones y mediante sus propios ahorros, instala una estación meteorológica en la torre de La Baumette, con un instrumental que aumenta en los sucesivos años y que le permiten acumular una serie de datos sin interrupción desde 1870 a 1914, año de su fallecimiento a los 66 años de edad.

A lo largo de su vida y en reconocimiento a su brillante trabajo, es nombrado miembro de diferentes asociaciones y alto cargo de varias instituciones regionales. Por testamento, lega sus aparatos y archivos meteorológicos al Bureau Central de Météorologie de France que los rechaza, y posteriormente son ofrecidos por sus herederos a R. P. Gauthier, director del Observatorio Meteorológico de Zi-Ka-Wei (Shanghai). Entre todos estos instrumentos de medición, es interesante señalar la presencia de un heliógrafo de Campbell para el registro de las horas de sol, puesto en funcionamiento en 1884.

Según las anotaciones de sus ficheros, la estación meteorológica se localizaba a 47° 27' 2'' de latitud norte y 2° 53' 54'' de longitud oeste y las observaciones eran realizadas a lo largo del día (7, 10, 13, 16, 19 y 21 h.), a veces con la colaboración de su jardinero o ayudantes, sobre todo en invierno y las horas nocturnas.

Difusión y evolución de los relojes de altura sobre columna

Es notorio, que desde la Antigüedad se comienzan a construir relojes que utilizan la variación de la altura del Sol para su funcionamiento, sobre todo en Egipto y Caldea donde las latitudes menos elevadas se traducían en variaciones más espectaculares de la sombra. Y no es hasta el siglo I de nuestra era, cuando aparecen los primeros relojes de altura cilíndricos de tipo portátil de los que tenemos conocimiento. Pero los ejemplos mejor conocidos, corresponden a los denominados relojes “de pastor”, instrumentos de viaje o de bolsillo que fueron muy empleados en los países mediterráneos en el siglo XVI y XVII.

Indicios europeos de este modelo están registrados en una copia al latín de un tratado árabe sobre el astrolabio que realiza Hermannus Contractus (1013-1056), aunque textos manuscritos demuestran que también se usaron en la India en el siglo XV, pero modificando el mecanismo que permite la movilidad del gnomon por una serie de orificios en la parte superior del cilindro. Esta manipulación en los relojes de altura portátiles es necesaria antes de su utilización, es decir, el ajuste de la fecha para el posicionamiento adecuado del estilo y la lectura de la hora.

Con el transcurso del tiempo, surgen adaptaciones de los relojes de sol sobre cilindros o columnas fijas, sin estilo móvil y con una mayor complejidad en su cálculo y diseño. Así, en 1646 el jesuita alemán Athanasius Kircher publica en Roma su obra “*Ars magna lucis et umbrae*”, que recopila todo el saber gnomónico de la época. En este enorme volumen, describe un reloj de sol de columna y gnomon recto y muestra una nueva tipología de gnomon con forma de sombrero dentado o “chapeau filtrant” como expresó el gnomonista René Rohr². Posteriormente, en el siglo XVIII, el matemático Jacques Ozanam

² Aunque Kircher en ningún momento se refiere a éste como “chapeau filtrant” sino como un gnomon en “modus pectinis dentatus”, con estilos coronando en 360 ° el contorno de la columna y separados 1°.

atribuye esta invención al Padre Quenet³, benedictino de la abadía de Saint-Germain-des-Prés, pero en este caso, el gnomon aparece sin incisiones en su borde exterior (**Fig. 4a**) y, años más tarde, Joseph Mollet en la obra *Gnomonique graphique* detalla su construcción de forma gráfica.

Quizás, el reloj de sol más original y atrevido de la época (**Fig. 4b**), fue el instalado por Alexandre Pingré en la columna Medicis en París, cuyo gnomon estaba formado por múltiples estilos a modo de semicírculo o “semi-sombrero”, pero ante al descontento de la población para efectuar con facilidad la lectura de la hora, se decidió su reemplazamiento hacia 1888.

Por la dificultad en su realización los relojes de sol con sombrero debieron de ser muy escasos desde el siglo XVII en adelante y no es hasta la década de los 70 del siglo pasado, cuando el señor Rohr encuentra dos bellos ejemplos monumentales en Lorquin⁴ (Moselle) y en Saverne⁵ (Bajo-Rhin). Incluso, en los textos y revistas más importantes de gnomónica de reciente aparición, son escasas las referencias a los relojes de sol de altura con esta tipología de gnomon⁶.

Descripción del reloj de sol de La Baumette

El reloj de sol se localizó al sur del claustro del edificio conventual (47° 48' N, 0° 55' W), junto a la puerta de entrada principal del recinto por la plaza Albert Cheux y el borde del camino que desciende hasta la orilla de La Maine (**Fig. 2b**). Éste ocupa una posición preferencial en el centro del patio, ya que ha sido emplazado en la unión en cruz de dos pequeños caminos de arena que separan las zonas verdes del jardín y con una orientación en el eje norte-sur.

En principio, está constituido por una gruesa columna vertical de arenisca (de aprox. 2 m de altura y 14 cm de radio) apoyada sobre una base cuadrangular (87 cm de altura) y coronada por una esfera (8,5 cm de radio) que se sujeta por un pequeño pie, contabilizando una altura total de 3,17 m desde el suelo hasta el punto más alto (**Fig. 5a**).

De un primer vistazo, es fácil diferenciar varios elementos en la columna: un cuadrante solar tallado en la superficie del primer tercio y un segundo cuadrante hacia la mitad de la columna, ambos con su correspondiente gnomon. En los dos cuadrantes, el trazado de las líneas horarias sobre la columna comienza a ser poco perceptible debido a su erosión y al mal estado de conservación, aunque sí destaca la disposición de los gnómones en forma de sombrero constituidos por numerosos estilos planos de hierro, a modo de láminas que giran 360 grados.

En el perteneciente al cuadrante superior, los estilos en número de 96, presentan una longitud de 20 cm desde el borde de la columna hasta el extremo. Sin embargo, los estilos del cuadrante inferior de la columna y en igual número, son algo menos alargados, con una longitud de 10 cm hasta su punta. En una imaginaria sección horizontal del cilindro de la columna, éstos convergen hacia su centro separados entre sí unos 3,75 grados desde su eje, recordando la forma de un reloj de Pingré, pero con la salvedad de que ocupan todo el perímetro de la columna (**Fig. 5b**). Hay que indicar, además, que existe una corona circular sólida de metal de unos 20 cm de radio que sirve para su anclaje y que algunos de los estilos se han perdido a causa de la oxidación del metal (**Fig. 7b**).

El diseño horario es poco habitual en los relojes de sol y nos evidencia un buen conocimiento de conceptos astronómicos para su construcción. Cada uno de los cuadrantes de la columna presenta líneas de lectura horaria, para cada media hora, en forma sinusoidal o de ocho (una de las ramas en forma de

³ Sin embargo, existen rastros de este tipo de gnomon en siglos anteriores como ha informado recientemente el estudioso de la gnomónica Nicola Severino, sobre una miniatura denominada “*Astronomo con alcuni strumenti*” donde aparece un reloj de sol del tipo “chapeau” como el descrito tres siglos después por Kircher, pero en su versión portátil, que evidencia también el uso de este modelo en el siglo XIV. Gautier de Metz, *L’image du monde* de, Manuscrito Ashb 114, c. 1r, s. XIV, Biblioteca Medicea Laurenciana de Florencia

⁴ [CSFC - nº 5741401-1]. Conjunto gnomónico proveniente del castillo de Zuffal, formado por un dodecaedro de caras pentagonales y un reloj de altura à *chapeau filrant*.

⁵ [CSFC - nº 6743702-1]. Reloj cilíndrico à *chapeau filrant* bajo un dodecaedro sobre el que reposa un globo que sirve también de reloj solar.

⁶ La Association Sciences en Seine et Patrimoine (ASSP) inauguró en mayo de 2007 en los jardines de Saint-Martin de Boscherville un reloj de sol en columna similar al descrito por Ozaman [CSFC - nº 7661402-2]

“S”) o las comúnmente llamadas “analemas o curvas de tiempo medio” (**Fig. 6a**), que corresponderían al periodo invierno-primavera para el cuadrante superior y verano-otoño para el cuadrante inferior. Las horas vienen marcadas mediante tipografía latina (**Fig. 7b**), pero no aparece ningún tipo de signo zodiacal para las hipérbolas que corresponden a los solsticios y que delimitan las líneas horarias, siendo la curva inferior de cada cuadrante la que engloba las indicaciones horarias junto a otra curva paralela a ésta. En el tercio inferior de la columna, tres aros metálicos cerrados por tornillos (**Fig. 7a**) impiden su rotura y caída por una enorme fractura provocada por el paso del tiempo.

En la base sobre la que se apoya la columna, también aparecen otros dos cuadrantes meridionales de tipo vertical, grabados sobre un cuadro de pizarra (de 25 cm. de anchura por 37 cm. de altura). Al igual que para los cuadrantes de la columna, cada uno de ellos ha sido diseñado para la lectura de tiempo medio en las diferentes estaciones (**Fig. 6b**), situación que se ha señalado mediante una leyenda en el cuadrante superior (“Du 22 Xbr au 21 Juin”)⁷ y otra para la inferior (“Du 21 Juin au 22 Xbr”). Sólo el cuadrante superior conserva el gnomon polar (**Fig. 1c y 7c**), en forma de un triángulo metálico fijado a su superficie y son visibles los signos de deterioro en las esquinas del cuadro de pizarra, sobre todo en la inferior izquierda con una gran rotura.

Por la facilidad de trazar las líneas horarias sobre un plano, encontramos mayor detalle en el diseño de estos cuadrantes. Así, entre las curvas del analema, también situadas cada media hora, se han insertado unas pequeñas marcas en la hipérbola que define el solsticio de verano para indicar la hora solar verdadera del meridiano local. Sin embargo, la función principal de estos relojes, es la de señalar la hora en Tiempo Universal del meridiano de París, por lo que presentan una corrección por longitud⁸ como evidencia el lema situado entre ambos cuadrantes (“Heure de Paris”).

También aparecen indicaciones latinas para las horas rodeando cada cuadrante y entre los bordes de sus límites, donde las cifras se inclinan en una composición muy estética. Es muy significativo, que además todo el conjunto viene datado en el año 1884 en el borde del cuadrante vertical superior, fecha en la que la hora legal es definitivamente introducida en Francia aunque hasta 1911 no se generaliza la utilización de los husos horarios mundiales y el meridiano de Greenwich se impone como referencia.

En resumen, podríamos decir que nos encontramos ante un conjunto gnomónico formado por dos relojes con gnomon en *sombrero multiestilo* de diámetro mayor que la columna fija que los soporta y dos relojes verticales meridionales en su base con indicación de la hora en tiempo solar verdadero y Tiempo Universal para el meridiano de París.

Funcionamiento

Un reloj de sol indica esencialmente la hora solar, o más exactamente, el ángulo horario del Sol, y dependiendo de la forma en que se determine este ángulo podemos clasificar estos instrumentos en dos categorías principales: los que dependen de la variación de la altura del sol a lo largo del día (relojes de altura) y los que dependen de la variación del acimut del Sol (relojes de dirección).

En nuestro caso, los dos cuadrantes situados sobre la superficie de la columna se han trazado utilizando ambos parámetros debido a la curiosa forma de su gnomon, que recordemos, está formando un sombrero circular de múltiples estilos⁹. Así, las sombras proyectadas sobre la columna equivalen a una serie de líneas de diferente longitud e inclinación desde la base de la corona de estilos y donde la curva imaginaria que une sus extremos describe una parábola que es simétrica con respecto a la vertical del Sol (**Fig. 1b**). A lo largo de la jornada, esta curva parabólica guarda su forma general, pero se aplasta a medida que las horas del día están más alejadas del mediodía, como ocurre en los cuadrantes de Saverne y Lorquin.

⁷ La abreviación “Xbr” señala el mes de “décembre”.

⁸ A la corrección por la ecuación del tiempo se ha adicionado la corrección de longitud incorporada a través de la curva del analema. Así, estas curvas señalarán la hora 11,6 min antes que la que correspondería a su meridiano local (la diferencia en longitud entre Angers y París es de 2° 55').

⁹ Esta disposición recuerda a la del reloj de Pingré, pero en éste, la separación de los estilos rectos corresponde a la de las líneas horarias de un reloj horizontal clásico, donde los estilos de las 6 y 18 h son perpendiculares al de mediodía y apuntan respectivamente al Este y el Oeste.

De todas las sombras que visualizamos al efectuar una lectura del reloj, sólo una indica la hora correctamente y es aquella que corresponde a la punta de la sombra vertical más corta¹⁰. Pero como las curvas horarias se han trazado en la superficie de la columna cada 30 minutos, habrá que interpolar el registro de la hora cuando esta sombra transcurra entre las mismas. En cierta manera, este gnomon podría sustituir al estilo móvil presente en otros relojes de altura, como el reloj de pastor, pero asumiendo que no todos los estilos son funcionales, sólo aquellos que se encuentran en el intervalo entre la salida y la puesta del Sol. Además, gracias a su especial disposición, permite un mayor número de horas de funcionamiento a lo largo del año en ausencia de obstáculos, lo cual es imposible en los relojes verticales o en relojes cilíndricos con un estilo polar.

Con respecto a los relojes verticales de la base de la columna, su funcionamiento es el mismo que para cualquier cuadrante de pared (relojes de dirección), pero al poseer curvas de tiempo medio, la lectura no se realiza por alineamiento, sino que la hora se indica por la sombra de la extremidad superior del gnomon triangular.

El mayor inconveniente que advertimos en este reloj de sol, quizás sea la dificultad para la determinación exacta del punto de lectura horaria cuando el Sol está próximo al horizonte¹¹ y que puede convertir a los cuadrantes diseñados en la columna vertical en instrumentos poco prácticos para ese intervalo horario. Sin embargo, hay que señalar dos aspectos positivos que mejoran el diseño con respecto a otros modelos en columna. Primero, al poseer numerosos estilos, en parte se resuelve el problema para reconocer fácilmente el punto de lectura, hecho que no es posible solucionar en los relojes con sombrero completo¹², es decir, sin estilos ni ranuras en su borde. Y segundo, hay que destacar que el constructor del reloj acertó al realizar dos cuadrantes independientes para las diferentes estaciones del año y al trazar las curvas de tiempo medio cada 30 minutos, porque un intervalo menor hubiera supuesto que las curvas resultaran confusas para la lectura al superponerse entre ellas.

Desconocemos las razones que motivaron al meteorólogo Albert Cheux para instalar este complejo reloj de sol en uno de los jardines del antiguo convento de La Baumette y si éste fue utilizado para sus observaciones, pero es probable que conociera la existencia de otros relojes solares sobre columna como el reloj de Pingré¹³ en París o los representados en los textos matemáticos de Jacques Ozaman que le inspiraran para realizar modificaciones en el diseño del gnomon en beneficio de mejorar su uso como instrumento científico.

Consideraciones finales

Francia es una de las naciones con un mayor número de relojes de sol catalogados, por encima de países como Italia, Reino Unido o Austria. Pero a pesar de esta enorme riqueza gnomónica, son escasos aquellos ejemplares que se localizan instalados sobre columnas fijas (algunos relojes con estilo polar y varias meridianas). Con el descubrimiento del reloj de sol de La Baumette en el año 2007, se actualiza y complementa la información existente sobre estos cuadrantes, que ni siquiera aparecen en las últimas clasificaciones elaboradas para la catalogación museística y, además, se aporta la primera referencia conocida por nosotros en el mundo sobre un reloj de sol con gnomon *à chapeau multiestilo* de columna.

Sin embargo, el estado de conservación de este reloj de sol es deficiente y casi catastrófico debido a una fractura en la base de la columna que podría provocar su caída, la pérdida de estilos por la herrumbre del metal y varias roturas en el cuadro de pizarra que soporta los cuadrantes verticales. Por tanto, creemos necesaria la intervención en los próximos años de las autoridades regionales y municipales encargadas en la salvaguarda del patrimonio artístico y cultural para una pronta restauración. No olvidemos, que desde

¹⁰ En los relojes *à chapeau filtrant*, corresponde a la cima de la curva de separación de la zona de sombra y luz o donde la luz sube al punto más alto de la columna.

¹¹ En el reloj de Pingré se observa además otro inconveniente, como es la presencia de una zona de interrupción o *hiatus* que hace imposible una lectura exacta donde las líneas de sombra se proyectan más allá del punto de convergencia de las líneas horarias.

¹² Esta es la razón por la que Kircher propone practicar en el estilo-sombrero muescas radiales muy próximas donde los rayos del Sol sólo pasarán si las muescas se encuentran en la vertical de este último.

¹³ Este astrónomo escribió varias obras de interés meteorológico de obligada lectura en su época. A. G. Pingré, *Cometographie ou traite historique des comètes*, 2 vols, París, 1783 y *État du Ciel*, París, 1754–1757

época helenística, los relojes de sol se han usado para coordinar actividades como las comidas, las oraciones y los negocios, proporcionando indicios de cómo eran sus consumidores, como gastaban su tiempo y como eran de cotizados pero, también, sobre el saber popular y las diferencias entre clases sociales. Así que, todavía estamos a tiempo de conservar un hermoso y original conjunto gnomónico que aún puede descubrir muchos secretos a los angevinos, a los historiadores de la ciencia y a los aficionados a la gnomónica.

Agradecimientos

Agradezco la ayuda y los comentarios de los gnomonistas Lorenzo López (Murcia, España) y Denis Savoie (Director del Planetario y del Departamento de Astronomía-Astrofísica del *Palais de la découverte*, Paris) sobre el funcionamiento del reloj de sol de *La Baumette*, a R. Pettini por la documentación proporcionada sobre René Rohr, a la señora Robert por su amabilidad al permitirme adentrarme en los jardines de *La Baumette* para tomar fotografías, a Sylvain Bertoldi (Conservador de los Archivos de Anjou, Angers) por la información aportada sobre Albert Cheux y, por último, a Joan Serra por difundir este trabajo en la revista *Carpe Diem*.

Bibliografía

Cadrans solaires français catalogués (CSFC) par la Commission des Cadrans Solaires, Société Astronomique de France, 2007

Aude Guineheuc y Rémy Toulouse (dir), *Patrimoine des communes de Maine-et-Loire, Pays de la Loire*, Paris, Flohic éditions, 2001

Victor Godard-Faultrier, *L'Anjou et ses monuments*, t. 2, Les Ed. De la Tour Gile. 1840

Péan de la Tullerie, *Description de la ville d'Angers*, 9^o ed., reimpression de l'édition de Angers de 1869. Laffitte Reprints, Marseille. 1977

Jaques Saillot, *Dictionnaire des rues d'Angers. Histoire et anecdotes*, t. I, Atelier d'Art Philippe Petit, Angers, 1975

Célestin Port, *Dictionnaire historique, géographique et biographique de Maine-et-Loire*, Atelier d'Art Philippe Petit, Angers, Réédité de l'édition originale, 1975

Célestin Port, *Dictionnaire historique, géographique et biographique de Maine & Loire et de l'ancienne province d'Anjou*, t. I, H. Siraudeau & Cie, Angers, 1965

G. Esnault, Note historique et biographique relative à l'observatoire de la Baumette et aux travaux de son fondateur Albert Cheux (1847-1914), *La Province d'Anjou*, 1933

René Rohr, *Les Cadrans Solaires. Histoire, théorie, pratique. Traité de Gnomonique*, Ed. Obelin Strasbourg, 1986

Hester Higton, *Sundials. An illustrated history of portable dials*, Philip Wilson Publisher, 2001

Jean Jacques Sédillot, *Traité des instruments astronomiques des arabes, composé au treizième siècle par Aboul Hhassan Ali, de Maroc, intitulé Jami' al-mabadi' wa-al-ghaat. Traduit de l'arabe sur le manuscrit de Abū al- asan Alī Marrākushī de 1147 de la Bibliothèque royale*, Tome II, Paris L'Imprimerie royale, 1834

Athanasius Kircher, *Ars magna lucis et umbrae*, Roma, 1646

Jacques Ozanam, *Recreation Mathématique et Physique...*, Tome III, *Probleme XVIII. Décrire un cadran pur la surface convexe d'un cylindre perpendiculaire à l'horizon & immobile*, 1778

Joseph Mollet, *Gnomonique graphique ou Méthode simple et facile pour tracer les cadrans*, Paris, 1837

Alexandre Guy Pingré, *Mémoire sur la colonne de la Halle aux Blés et sur le cadran solaire cylindrique que l'on construit au haut de cette colonne*, Paris, Chez Barrois, 1764

Denis Savoie, L'ancien cadran solaire de la colonne Catherine de Médicis à Paris, *L'Astronomie*, Vol. 112, 1998, p. 38-43

Andréé Gotteland, *Les cadrans solaires et méridiennes disparus de Paris*, Cnrs Éditions, 2002

Yves Opizzo, *Les Ombres des Temps. Histoire et devenir du Cadran Solaire*, Ed. Burillier, 1998

René Rohr, Les cadrans solaires à chapeau filtrant de Saverne et de Lorquin, *Les Vosges*, 1977, p. 1-4

Girolamo Fantoni, *Orologi Solari. Storia, teoria, pratica, costruzione, esempi*. Ed. Technimedia, 1988

Alexandre Vial, A. Théorie du cadran à chapeau, *Cadran Info*, n° 20, 2009

Rafael Soler Gayá, *Diseño y construcción de relojes de sol y de luna. Métodos gráficos y analíticos*, 2ª ed., Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Baleares, 1997

Margarida Archinard, Une Classification des Cadrans Solaires. *Annals of Science*, Vol. 64 (4), 2007, p. 522

Mike Cowham, *A dial in your poke. A book of portable sundials*, Cambrigde, 2004

Sara Schechner, The material culture of Astronomy in daily life: sundials, science, and social change, *Journal for the History of Astronomy*, vol. 32 (2001), p. 217



El autor

Aficionado a los relojes de sol desde hace una década e interesado por la historia de los instrumentos científicos de la Edad Media y la gnomónica andalusí.

Ilustraciones

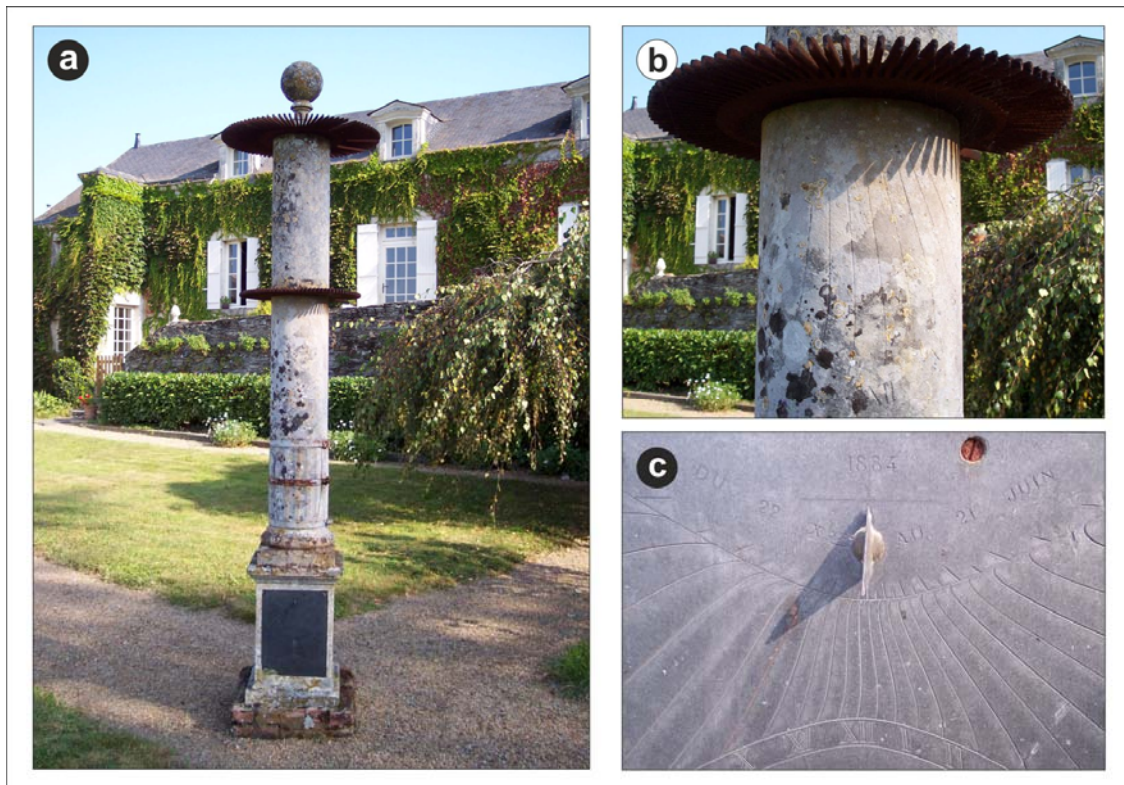


Fig. 1: a) Vista general del reloj de sol de La Baumette. b) Cuadrante inferior de la columna. c) Cuadrante vertical superior (Fotos: M. Pizarro)

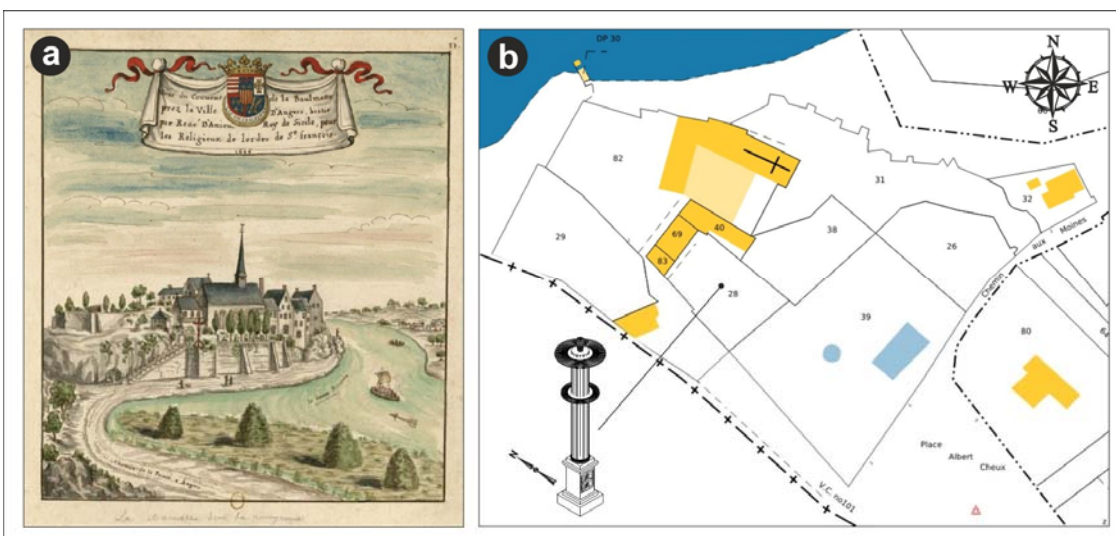


Fig. 2: a) Convento de La Baumette [Louis Boudan, *Veüe du Couvent de la Baulmette prez la ville d'Angers, bastie par René d'Aniou Roy de Sicile, pour les Religieux de lordre de St François, 1696*] Fuente: *Bibliothèque Nationale de France*. b) Plano catastral del antiguo convento de La Baumette. Fuente: *Ministère du budget, des comptes publics et de la fonction publique*.



Fig. 3: a) Retrato de Albert Cheux. b) Vista de La Baumette y el observatorio meteorológico destruido durante la II Guerra Mundial. Fuente: *Archivos Departamentales de Maine-et-Loire*.

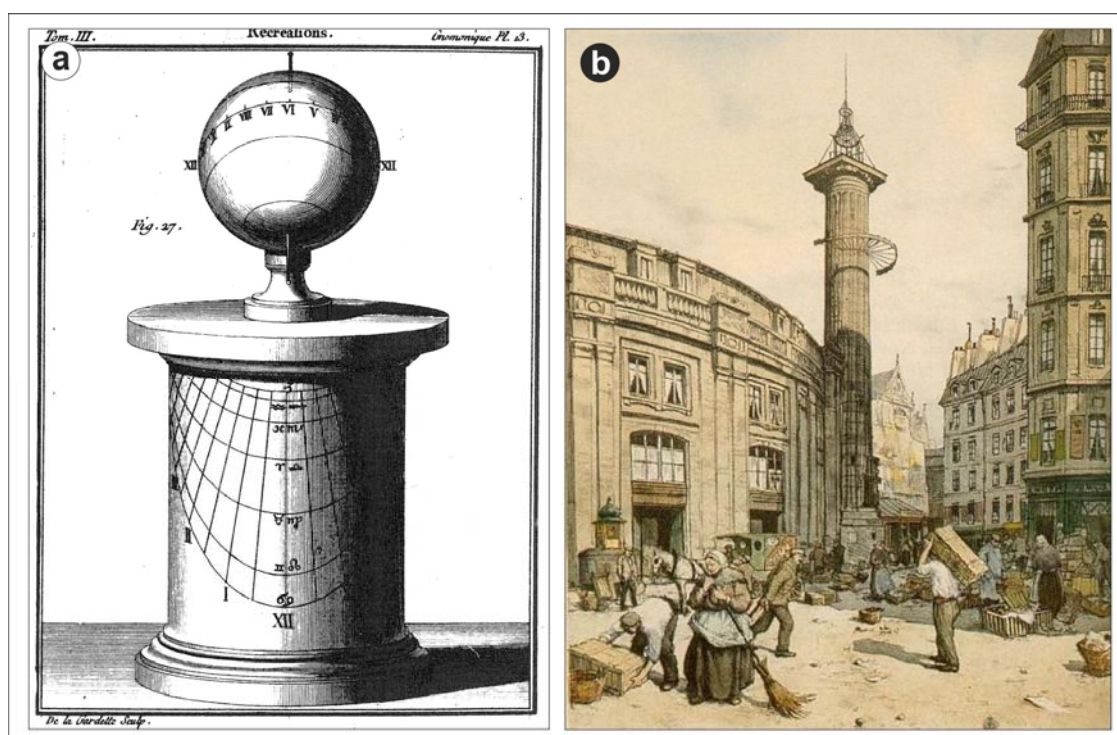


Fig. 4: a) Reloj de sol de tipo “chapeau” descrito por J. Ozanam. Fuente: *Bibliothèque Nationale de France*. b) Reloj de Pigné situado en París [Novak 400 Bourse du Commerce, Soc. Graveurs Modernes, 1924, Lithographie] Fuente: *Catalogue Raisonné of the Graphic Art of the Czech Artist Tavik František Šimon (1877-1942)*, Arthur Novak, Praga, 1937

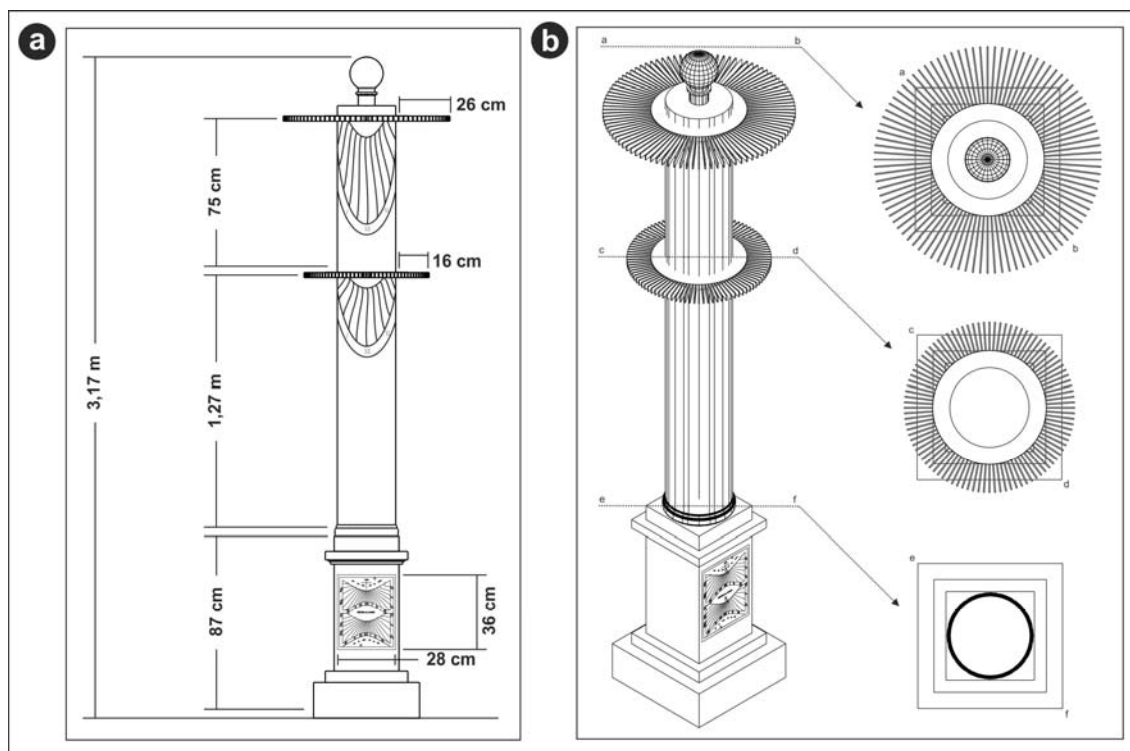


Fig. 5: a. Dimensiones y b. Modelo en 3D del reloj de La Baumette (Dibujos: M. Pizarro)

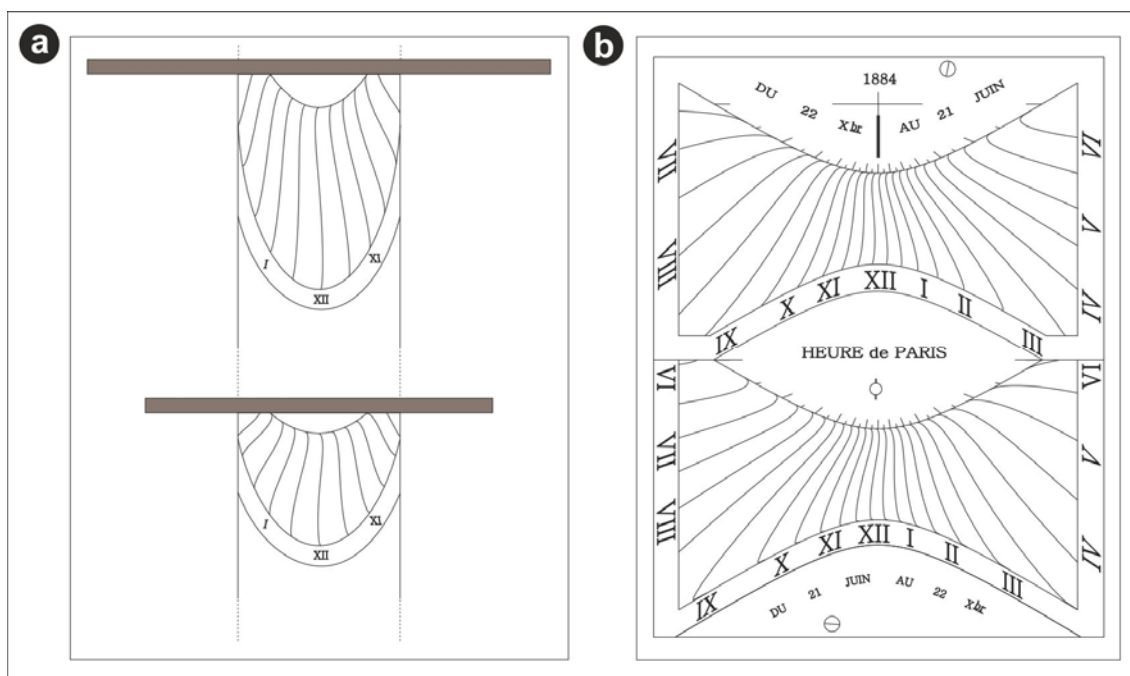


Fig. 6: Reconstrucción de las líneas horarias para los cuadrantes de la columna (a) y los cuadrantes verticales de la base (b) (Dibujos: M. Pizarro)

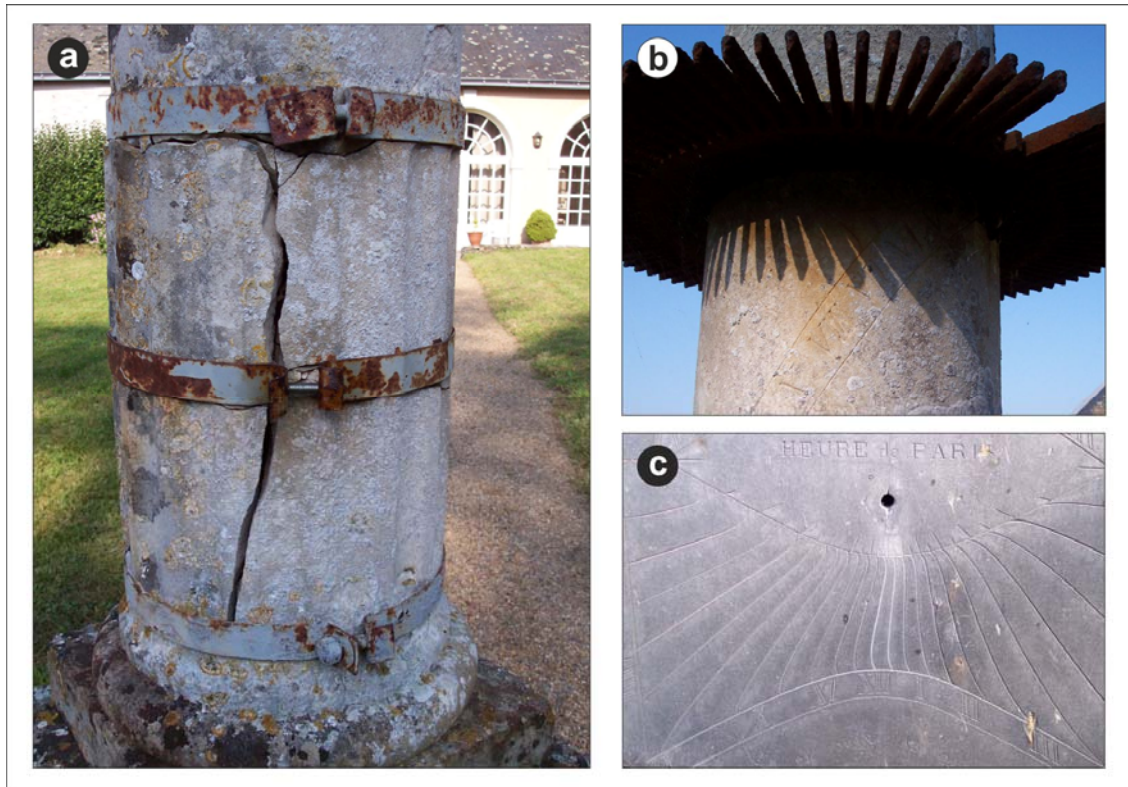


Fig. 7: Vista en detalle de la fractura de la columna (a), de las inscripciones horarias y del “sombbrero” donde se aprecia la rotura de algunos estilos (b) y del reloj vertical inferior donde puede observarse la ausencia de gnomon (c) (Fotos: M. Pizarro)

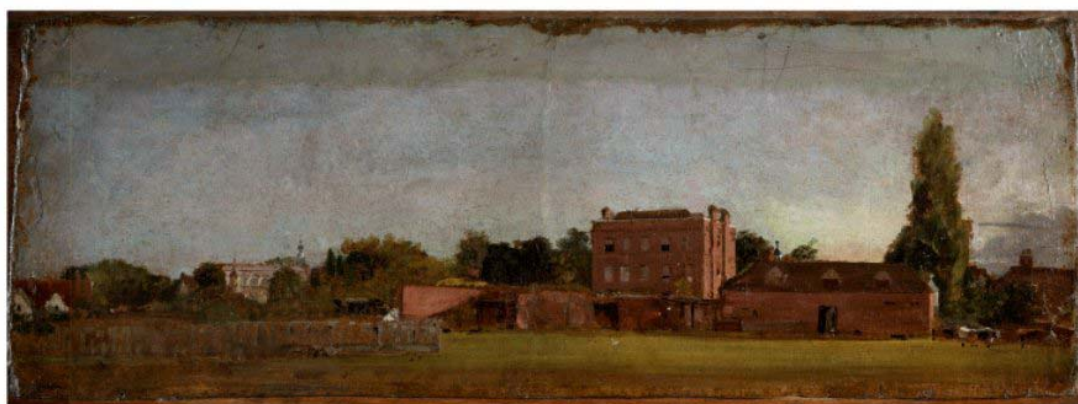
JOHN CONSTABLE (1776-1837)

por F. J. Albertos

Nunca ví una cosa fea en mi vida, para que la forma de un objeto pueda dejar de serla, la luz y la perspectiva siempre la harán hermosa. (I never saw an ugly thing in my life: for let the form of an object be what it may, light and perspective will always make it beautiful.)

John Constable

John Constable nació en 1776 en la pequeña población de East Bergholt, condado de Suffolk, Reino Unido, hijo de Golding Constable, rico terrateniente de la zona y de Ann Watts. Murió en 1837.



Casó con María Bicknell, con quien pudo casarse al cabo de cinco años, una vez pudo tener suficientes medios económicos, al poder unir sus ingresos por la pintura y recibir la herencia de su padre. A la boda no asistió ningún familiar de su esposa.

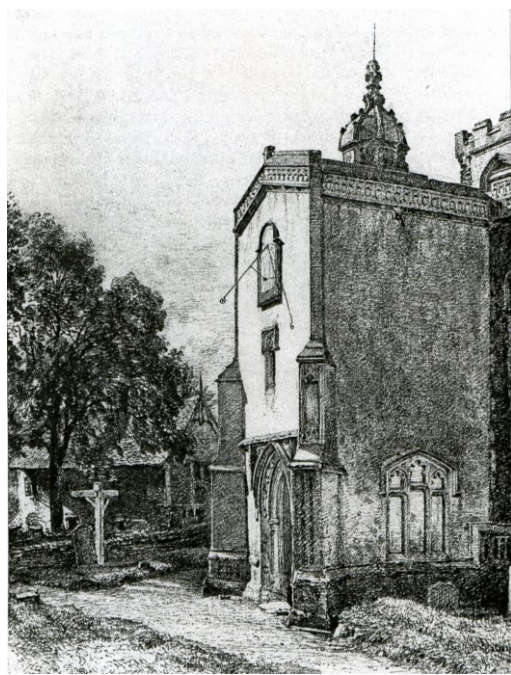
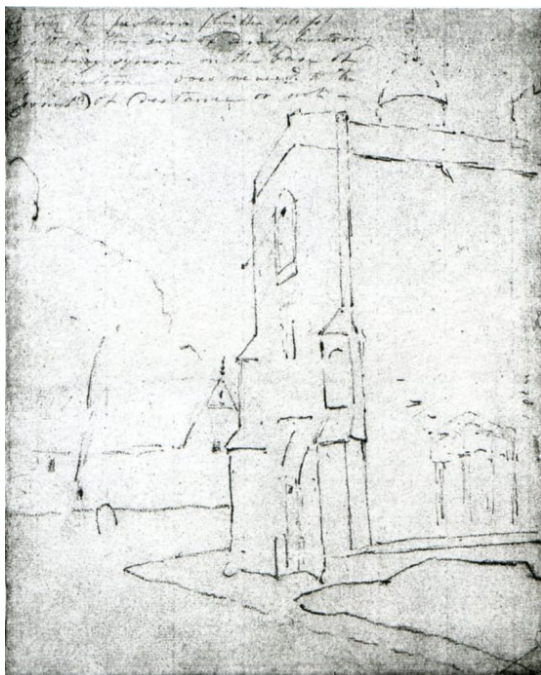


John Constable junto con J.M.W. Turner, fueron considerados los creadores del paisaje, aunque este último le es considerado superior.

Sus cuadros más famosos fueron: “Barca en construcción cerca de Flatford 1815” (*Boat-building near Flatford Mill*), “La bahía de Weymouth, 1816” (*Weymouth Valley*), “El caballo blanco, 1819”, (*The White horse*), “La carreta de heno, 1821” (*The hay wain*), y “Vista del Stour cerca de Dedham, 1822” (*View on the Stour near Dedham*)...

Son notables como quedan reflejadas las nubes en sus cuadros.

La Iglesia de St Mary, de su población natal, East Bergholt, ha captado frecuentemente, la atención desde diferentes puntos de vista, de John Constable. Y en ella aparece su pórtico en el que está un reloj de sol sobre su entrada.





Hoy día, se conserva un reloj de sol vertical, aunque no es el original. Contiene un lema que dice: “Time passeth away like a shadow” (El tiempo pasa adelante como una sombra).



Bibliografía:

Constable
Giuseppe Gatt
Barcelona, 1968

Constable and his Drawings
Ian Fleming-Williams
Londres, 1990

John Constable
Francisca Pérez Carreño
Madrid, 1993

Turner y Constable. Naturaleza, luz y color en el Romanticismo inglés.
Gabriele Crepaldi
Editorial Electa
Madrid, 2000

Constable's Clouds
National Galleries of Scotland & National Museums and Galleries on Merseyside
Liverpool, Edinburgh, 2000

Constable. Grandes Maestros de la Pintura
Ediciones Altaya
Barcelona, 2001

RELOJ DE SOL EN LA PELICULA “LOS TUDOR”

Por Joan Serra Busquets

Ya en el artículo de la edición de Septiembre se decía que la serie televisiva “Los Tudor” era proclive a mostrar instrumentos científicos y astronómicos de la época y que posiblemente en algún momento u otro aparecería algún reloj de sol.

Efectivamente, en el último capítulo de la segunda temporada en el que Ana Bolena es condenada a muerte, condena que afronta estoicamente e incluso con cierto humor negro, recuerda en los momentos previos a su ejecución imágenes de cuando era niña observando un reloj de sol como presagio de que tenía, como tenemos todos, el tiempo contado. Podemos ver en las imágenes como estudia absorta, como hechizada, la sombra proyectada por su dedo hasta que finalmente su hermano la llama para jugar, rompiendo el hechizo y también el recuerdo, para devolverla a la cruel realidad.







Estaremos atentos a las próximas emisiones por si aparecen más elementos interesantes. De momento, hemos podido ver el reloj portátil del cardenal Wolsey, un astrolabio, dos esferas armilares, un reloj de arena y el reloj de sol del jardín presentado en esta reseña.

© Joan Serra Busquets, 2010

POEMA GNOMÓNICO

Por Antonio Barceló Roldán

LOA DEL RELOJERO GNOMONISTA

Creador de las horas vivas
que ante el reloj, sol y viento,
más de uno te diría
que eres conductor del tiempo.

Hombre de raros saberes,
investigador severo,
y poseedor que ejercita
geométrico entendimiento.

Sombra del reloj de sol
exacto, como un soneto,
con la ciencia proyectiva
del eterno pensamiento.

De las horas que se van,
eres el mejor obrero,
¡Oh grande Reloj solar
construido en el recuerdo!.

Hacedor de buenos trazos,
señalador de momentos
donde unas líneas señalan
al rayo de sol primero.

Poseedor de mil maquetas
de precisión y misterio,
son ejemplos de ilusión
y realidades de sueños.

Las horas vienen y van
envejeciendo los cuerpos,
y haciendo buena amistad
con el noble relojero.

© Antonio Barceló R