

Confía en el tiempo, que suele dar dulces salidas a muchas amargas dificultades.
Miguel de Cervantes.

Equinoccio de otoño

Día 23 de Septiembre a las 3:09 U.T
El sol entra en Libra

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 SEPTIEMBRE 2010



Anillo de Hiparco. De Francesc Clarà
Original meridiana con un anillo de Hiparco con funciones también de calendario.

De la lámina universal al Girasol. De Luís Hidalgo
Modificación del tímpano de la Azafra de Azarquiel convirtiéndolo en Girasol y Cuadrante Universal de Altura.

Un diseño analítico de cuadrantes Lunares. De Rafael Soler
Código fuente de un programa para diseñar con facilidad relojes de Luna horizontales, con explicación y justificación del método.

Cilindro vertical ortomeridiano. De Joan Serra.
Método gráfico, y también analítico, para calcular y diseñar un reloj cilíndrico vertical con gnomon polar.

Relojes de Vitoria XV. De Antonio Cañones. Pedro Novella Y M^a
Josefa Urteaga son los autores de este excepcional documento que describe con todo lujo de detalles los relojes de sol de Vitoria. Última entrega.

Reloj de sol en la iglesia de Monreal. De Miguel A. Bretos
Descubrimiento de un reloj, prácticamente escondido, en la iglesia de Monreal, cerca de Pamplona.

La hora del terremoto de Lisboa. De Rogelio Meléndez
Análisis pormenorizado de la hora en que tuvo lugar y se sintió en España el terremoto de Lisboa acaecido en 1755.

Recopilación de poesías sobre relojes de sol. De Javier Albertos
Nueva recopilación de poesías en las que se menciona el reloj de sol.

Los Tudor, otro reloj de cine. De Joan Serra.
Un histórico reloj poliédrico que aparece en la serie Los Tudor.

Poema gnomónico. De Antonio Barceló



TALLER DE BRICOLAJE

Anillo de Hiparco

Por Francesc Clarà

En el presente Taller de Bricolaje quiero presentaros la maqueta que he construido de un antiquísimo instrumento gnomónico que ya utilizaban los astrónomos griegos en el siglo III aC.

Este instrumento es conocido como el Anillo de Hiparco, ya que fue este famoso astrónomo y matemático alejandrino quien en el siglo II aC. lo usó para determinar el momento preciso del equinoccio a fin de establecer la duración exacta del año trópico que, como pudo comprobar, difiere ligeramente de la del año sidereal.

Hiparco, al comparar el resultado de sus observaciones con las que habían realizado dos siglos atrás los astrónomos Timócaris y Arístilo, se dio cuenta de la precesión de los equinoccios y dedujo acertadamente que ello era debido al movimiento de rotación que, alrededor del polo de la eclíptica, efectúa el eje inclinado de la tierra.

Observó que esta rotación era en sentido retrógrado y calculó que su ciclo completo tenía una duración de cerca 26.000 años.

Este movimiento de precesión explica porqué el Punto Vernal, o equinoccio de primavera, que hace dos mil años coincidía con el paso del sol por el inicio de la constelación de Aries, coincide actualmente con la constelación de Piscis.

También explica porque la estrella α de la Osa Menor sea la polar actual, sobre la que aparentemente, en el hemisferio norte, gira el firmamento, mientras que en tiempos de Hiparco esto sucedía en un punto intermedio entre la estrella polar actual y la estrella α de la constelación del Dragón.

El que ahora llamamos Anillo de Hiparco es un ingenioso instrumento formado simplemente por un aro o anillo inclinado sobre la horizontal con un ángulo igual a la colatitud del lugar, en cuya posición el plano de este anillo es paralelo al plano del ecuador.

Como sea que en los equinoccios el sol transcurre aparentemente por el ecuador celeste, durante todo este día la sombra de la mitad superior del anillo se proyecta exactamente sobre la parte interna de la otra mitad del anillo, en la dirección diametralmente opuesta a la posición del sol.

Si el instrumento está bien orientado, correctamente inclinado, y el tamaño del anillo es lo suficiente grande, es posible determinar con precisión de minutos el momento exacto, que no tiene porque coincidir necesariamente con el mediodía, en que el sol, en su movimiento aparente por la eclíptica, cruza el plano ecuatorial. (Figura 1)

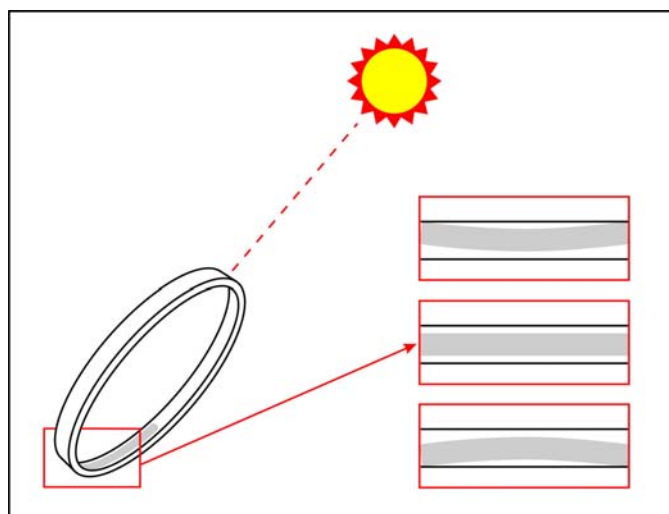


Figura 1

En mi maqueta fijé el anillo sobre un plano vertical, pero igual hubiera podido hacerlo sobre un plano horizontal con tal que, en ambos casos, el ángulo de inclinación del anillo sea el correcto, o sea = $90 - \varphi$ (Figura 2)

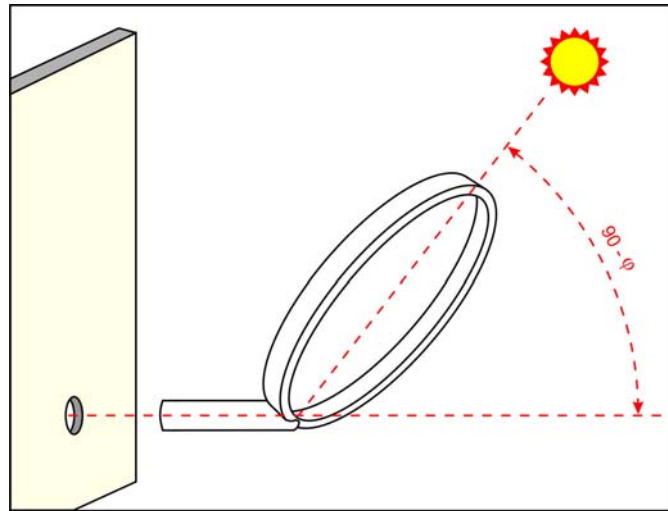


Figura 2

Evidentemente, debido a su reducido tamaño, esta maqueta no tendrá la precisión del anillo que utilizó Hiparco para sus observaciones, pero sí podremos comprobar que en el solsticio de verano, la sombra del anillo, que se proyecta en la parte inferior del plano vertical, tiene la forma de una elipse alargada y que en el transcurso de los días esta sombra elíptica va disminuyendo de tamaño hasta quedar reducida, en los equinoccios, a una sola línea recta horizontal.

Lo mismo sucede a partir del solsticio de invierno, si bien en este caso la sombra del anillo se proyecta en la parte superior del plano vertical. (Figura 3)

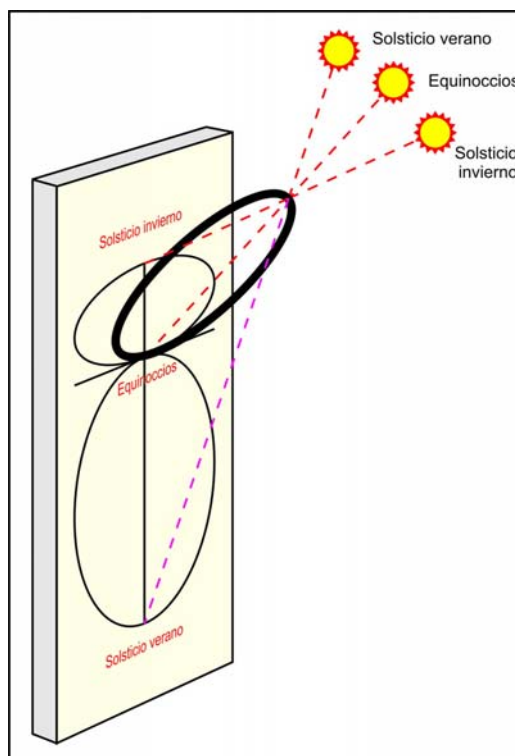


Figura 3

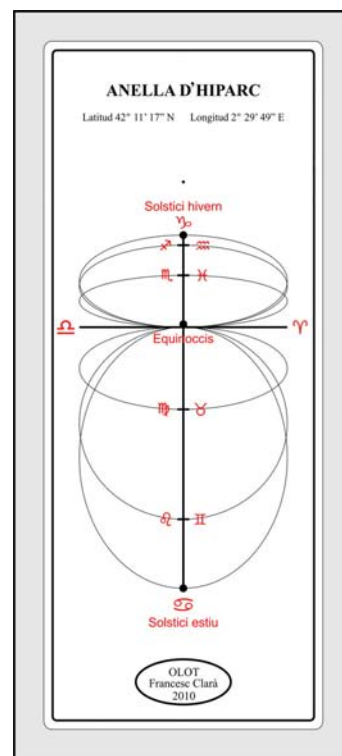


Figura 4

Visto de esta forma, es evidente que mi maqueta del anillo de Hiparco se comporta como una meridiana, así es que además de la recta de los equinoccios y las líneas elípticas de los solsticios, dibujé también las elipses correspondientes a los días de los restantes cambios zodiacales. (Figura 4)

Finalmente, añadí a la maqueta un gnomon polar que señala el mediodía solar y que sin ser estrictamente necesario, estéticamente embellece el conjunto.

Los materiales que usé para su construcción fueron los habituales en todas mis maquetas: Tablero DM, cartulina blanca, pintura negra, cola, tornillos, varilla de fibra de vidrio para el gnomon y para el anillo, un brazaletes que me “prestó” mi nietecita.

Las Figuras 5, 6, 7 y 8 corresponden a cuatro fotografías de la maqueta una vez terminada. La primera fue tomada el 19 de febrero, la segunda el 21 de Marzo, día del equinoccio de primavera, la tercera a primeros del mes de Mayo y la cuarta el 22 de Junio, día del solsticio de verano.



Figura 5



Figura 6



Figura 7



Figura 8

En ellas pueden observarse las distintas posiciones y las diferentes formas que, en el transcurso del año, van tomando las sombras proyectadas por el anillo.

Modestamente opino que, por su simplicidad de líneas y elegancia de formas, esta maqueta es una de las más bonitas de mi colección.

Espero que a vosotros también os guste.

UN DISEÑO ANALÍTICO DE CUADRANTES LUNARES

Por Rafael Soler Gayà

Dentro de la infrecuente construcción de cuadrantes lunares un tipo de cierta presentación es el constituido por líneas de edad lunar circulares que permite disponer soluciones de elegante factura. A este solo tipo se refiere el presente estudio y, aún así, únicamente a los horizontales, si bien, como fácilmente podrá observarse, la metodología expuesta es igualmente aplicable a los verticales, declinantes o no.

El método general, gráfico, para el diseño de cualquier tipo de cuadrante lunar- basado en las líneas de retraso y consecuentemente en las de edad- se encuentra expuesto en publicaciones de diversos gnomonistas, así como en el libro del autor “Diseño y Construcción de Relojes de Sol y de Luna” ⁽¹⁾ cuyas notaciones se adoptarán en las fórmulas seguidamente utilizadas. El proceso del cálculo analítico que se va a desarrollar no es sino la traducción a fórmulas del sencillo método gráfico ⁽²⁾ general aplicado a este tipo concreto de cuadrante lunar y se limitará al tiempo comprendido entre el cuarto creciente y el cuarto menguante (aún cuando el método es igualmente aplicable a todo el mes lunar) por entender que la debilidad de la sombra arrojada de noche por el gnomon más allá de estos límites, y no digamos ya cerca de la luna nueva, supone la práctica inoperatividad del artilugio.

Para comprender la explicación obsérvese el Cuadro nº 1 compuesto por 18 filas y 20 columnas correspondiente a las diecisiete horas verdaderas (de la IV am a la VIII pm) que interesan para el cálculo nocturno en una latitud de 40 °, y a trece horas de retraso (12 de tiempo) de la 6 del cuarto creciente a la 18 del cuarto menguante, pasando por la 12 de luna llena, que corresponden al tiempo de funcionamiento adoptado.

En la columna 1 y filas 4, 10 y 16 se consignan, a título puramente informativo, las fases de la Luna a las cuales se refieren los datos del resto de cada una de las filas.

En la columna 2, y filas de 4 a 16, se consignan las horas de retraso que darán lugar a los datos de la columna 3, cuya deducción seguidamente se explicará.

En la columna 3, e iguales filas de 4 a 16, se consignan los valores del radio R_r de las líneas circulares de retraso- con centro en el polo del gnomon- cuyas intersecciones con las líneas horarias del reloj solar horizontal, adoptado como pauta para construir el lunar, constituirán los puntos básicos para diseñar las líneas horarias del cuadrante lunar. Caben múltiples modos de disponer los radios R_r de estas líneas circulares de retraso, y se expone a continuación uno de ellos adoptado para el cálculo.

Estos radios R_r dependen de la forma que pretenda darse al cuadrante lunar; pero es opinión de quien suscribe que, por consideraciones estéticas y de recomendable prevalencia de las nuevas líneas horarias lunares- de aspecto espiral- sobre las de edad (de que más adelante se tratará), circulares y concéntricas con las de retraso, es conveniente que el sector de corona circular o franja destinada a estas últimas (definida por la diferencia de radios R_r entre las líneas de retraso del cuarto creciente y del menguante) sea algo superior a la distancia de esta franja al centro del cuadrante; por ello, si se toma como unidad este ancho de franja y se adopta un 90% de este valor para el radio menor de la corona, se tendrá para el radio R_r de cada una de las trece líneas de retraso siendo n las horas de diferencia:

$$R_r = 0,9 + n/12 \quad \text{siendo } n = 0, 1, 2, \dots, 11, 12 \quad R_r \text{ en unidades de ancho de franja.}$$

Retraso en horas:	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Valor de n :	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

18	Curvas de retraso			Coordenadas x, y de las intersecciones de los círculos de retraso de radio R_r con las líneas horarias del cuadrante solar de base y , desplazadas (cuadro nº 3), coordenadas de las líneas horarias del lunar.																
17	Fase de la luna	En horas	Radio R_r																	
16	Creciente	6	0,9000																	
15		7	0,9833	>																
14		8	1,0667	>	>															
13		9	1,1500	>	>	>	Coordenadas x, y resultantes de los valores de R_r y de κ en cada casilla $x = R_r \operatorname{sen} \kappa \quad y = R_r \operatorname{cos} \kappa$													
12		10	1,2333	>	>	>														
11		11	1,3166	>	>	>														
10	Llena	12	1,4000	>	>	>														
9		13	1,4833	>	>	>														
8		14	1,5667	>	>	>														
7		15	1,6500	>	>	>														
6		16	1,7333	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>							
5		17	1,8167	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>						
4	Menguante	18	1,9000	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>					
3	Ángulo κ de la línea horaria solar de base $\operatorname{tg} \kappa = \operatorname{sen} \phi \operatorname{tg} \varepsilon$																			
2	Ángulo horario ε del cuadrante solar de base			- 120°	- 105°	- 90°	- 75°	- 60°	- 45°	- 30°	- 15°	0°	+ 15°	+ 30°	+ 45°	+ 60°	+ 75°	+ 90°	+ 105°	+ 120°
1	Hora verdadera solar de base			IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

CUADRO Nº 1.- SÍNTESIS DEL PROCESO DE CÁLCULO EXPLICADO.

En la fila 1 y columnas de 4 a 20 se consignan las horas verdaderas para las cuales se calcula el cuadrante solar de base (de las IV a.m. a las VIII p.m.) a las que corresponden los ángulos horarios ε de iguales columnas de la fila 2.

En la fila 3, en concordancia con los valores de ε de la fila 2, virtualmente se consignan (en blanco en el cuadro pues será dependiente de la latitud ϕ) los valores de la tangente del ángulo κ que la línea horaria del cuadrante horizontal solar de base forma con la meridiana, los cuales resultan de aplicar, para la latitud ϕ del lugar, la fórmula ⁽³⁾ $\operatorname{tg} \kappa = \operatorname{sen} \phi \operatorname{tg} \varepsilon$. A partir del valor de κ son inmediatamente deducibles los valores de $\operatorname{sen} \kappa$ y de $\cos \kappa$, aunque no se consignan en el cuadro, cuyo objeto es solo didáctico (ya que, en definitiva se aplica un programa de ordenador).

Las coordenadas cartesianas (x, y) de las líneas horarias del cuadrante lunar sobre los mismos ejes del cuadrante solar de base, el de abscisas por la línea E – W y el de ordenadas por la meridiana , con origen en el polo del gnomon, vendrán dadas pues por:

$$x = Rr \operatorname{sen} \kappa \qquad y = Rr \cos \kappa$$

y podrán consignarse virtualmente en el campo de la tabla (que lleva las casillas en blanco) definido por las columnas de 4 a 20 y por las filas de 4 a 16 con las dos coordenadas en cada casilla. Los resultados para el caso particular de $\phi = 39,41^\circ$ se ven en el Cuadro nº 2.

HORA DEL RELOJ SOLAR Y ÁNGULO HORARIO °

	4 -120		5 -105		6 -90		7 -75		8 -60		9 -45		10 -30		11 -15	
n	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
0	-0,67	-0,61	-0,83	-0,35	-0,90	0,00	-0,83	0,35	-0,67	0,61	-0,48	0,76	-0,31	0,85	-0,15	0,89
1	-0,73	-0,66	-0,91	-0,38	-0,98	0,00	-0,91	0,38	-0,73	0,66	-0,53	0,83	-0,34	0,92	-0,16	0,97
2	-0,79	-0,72	-0,98	-0,41	-1,07	0,00	-0,98	0,41	-0,79	0,72	-0,57	0,90	-0,37	1,00	-0,18	1,05
3	-0,85	-0,77	-1,06	-0,45	-1,15	0,00	-1,06	0,45	-0,85	0,77	-0,62	0,97	-0,40	1,08	-0,19	1,13
4	-0,91	-0,83	-1,14	-0,48	-1,23	0,00	-1,14	0,48	-0,91	0,83	-0,66	1,04	-0,42	1,16	-0,21	1,22
5	-0,97	-0,89	-1,21	-0,51	-1,32	0,00	-1,21	0,51	-0,97	0,89	-0,71	1,11	-0,45	1,24	-0,22	1,30
6	-1,04	-0,94	-1,29	-0,54	-1,40	0,00	-1,29	0,54	-1,04	0,94	-0,75	1,18	-0,48	1,31	-0,23	1,38
7	-1,10	-1,00	-1,37	-0,58	-1,48	0,00	-1,37	0,58	-1,10	1,00	-0,80	1,25	-0,51	1,39	-0,25	1,46
8	-1,16	-1,05	-1,44	-0,61	-1,57	0,00	-1,44	0,61	-1,16	1,05	-0,84	1,32	-0,54	1,47	-0,26	1,54
9	-1,22	-1,11	-1,52	-0,64	-1,65	0,00	-1,52	0,64	-1,22	1,11	-0,88	1,39	-0,57	1,55	-0,28	1,63
10	-1,28	-1,17	-1,60	-0,67	-1,73	0,00	-1,60	0,67	-1,28	1,17	-0,93	1,46	-0,60	1,63	-0,29	1,71
11	-1,34	-1,22	-1,67	-0,71	-1,82	0,00	-1,67	0,71	-1,34	1,22	-0,97	1,53	-0,63	1,71	-0,30	1,79
12	-1,41	-1,28	-1,75	-0,74	-1,90	0,00	-1,75	0,74	-1,41	1,28	-1,02	1,60	-0,65	1,78	-0,32	1,87

HORA DEL RELOJ SOLAR Y ÁNGULO HORARIO °

	12 0		13 15		14 30		15 45		16 60		17 75		18 90		19 105		20 120	
n	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
0	0,00	0,90	0,15	0,89	0,31	0,85	0,48	0,76	0,67	0,61	0,83	0,35	0,90	0,00	0,83	-0,35	0,67	-0,61
1	0,00	0,98	0,16	0,97	0,34	0,92	0,53	0,83	0,73	0,66	0,91	0,38	0,98	0,00	0,91	-0,38	0,73	-0,66
2	0,00	1,07	0,18	1,05	0,37	1,00	0,57	0,90	0,79	0,72	0,98	0,41	1,07	0,00	0,98	-0,41	0,79	-0,72
3	0,00	1,15	0,19	1,13	0,40	1,08	0,62	0,97	0,85	0,77	1,06	0,45	1,15	0,00	1,06	-0,45	0,85	-0,77
4	0,00	1,23	0,21	1,22	0,42	1,16	0,66	1,04	0,91	0,83	1,14	0,48	1,23	0,00	1,14	-0,48	0,91	-0,83
5	0,00	1,32	0,22	1,30	0,45	1,24	0,71	1,11	0,97	0,89	1,21	0,51	1,32	0,00	1,21	-0,51	0,97	-0,89
6	0,00	1,40	0,23	1,38	0,48	1,31	0,75	1,18	1,04	0,94	1,29	0,54	1,40	0,00	1,29	-0,54	1,04	-0,94
7	0,00	1,48	0,25	1,46	0,51	1,39	0,80	1,25	1,10	1,00	1,37	0,58	1,48	0,00	1,37	-0,58	1,10	-1,00
8	0,00	1,57	0,26	1,54	0,54	1,47	0,84	1,32	1,16	1,05	1,44	0,61	1,57	0,00	1,44	-0,61	1,16	-1,05
9	0,00	1,65	0,28	1,63	0,57	1,55	0,88	1,39	1,22	1,11	1,52	0,64	1,65	0,00	1,52	-0,64	1,22	-1,11
10	0,00	1,73	0,29	1,71	0,60	1,63	0,93	1,46	1,28	1,17	1,60	0,67	1,73	0,00	1,60	-0,67	1,28	-1,17
11	0,00	1,82	0,30	1,79	0,63	1,71	0,97	1,53	1,34	1,22	1,67	0,71	1,82	0,00	1,67	-0,71	1,34	-1,22
12	0,00	1,90	0,32	1,87	0,65	1,78	1,02	1,60	1,41	1,28	1,75	0,74	1,90	0,00	1,75	-0,74	1,41	-1,28

CUADRO N ° 2.- COORDENADAS x, y DE LOS PUNTOS DE INTERSECCIÓN DE LAS LÍNEAS HORARIAS SOLARES CON LOS CÍRCULOS DE RETRASO DEFINIDOS POR n PARA LATITUD DE 39,41 ° N

Si los valores de la fila 16 se mantienen en su posición, pero los de la fila 15 se desplazan todos ellos en horizontal una casilla a la derecha, los de la fila 14 dos casillas a la derecha, y así sucesivamente hasta los de la fila 4, que se desplazan doce filas a la derecha, se obtienen en las nuevas columnas las coordenadas de las líneas horarias lunares- debidamente concordantes con las horas de retraso- susceptibles de ser graficadas, en base a esta nueva tabla, mediante programa de ordenador adoptando las líneas la típica forma espiral. En la tabla del Cuadro n° 3 aparecen los mismos valores de la tabla del n° 2 pero desplazados con esta nueva ordenación y relación con su línea horaria lunar.

Cuanto se lleva dicho supone la adopción del intervalo de una hora para el cuadrante solar de base y de igualmente una hora para el intervalo de retraso; pero si se quiere una mayor exactitud de las líneas horarias pueden reducirse estos intervalos a medias horas o cuartos de hora (el trabajo es del ordenador) aumentando al doble (intervalos de media hora) o al cuádruple (intervalos de un cuarto de hora) las casillas de la columna 3 y de la fila 2 por más que la experiencia demuestra que este recurso resulta tan acertado para la corrección de las curvas como inconveniente para la lectura de las líneas horarias entonces excesivamente juntas. Por ello lo más adecuado es preparar el cálculo de estas líneas horarias con los intervalos reducidos, pero luego graficar sólo las horas enteras.

HORA DEL RELOJ LUNAR																
	10		11		12		13		14		15		16		17	
<i>n</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>
0	-0,67	-0,61	-0,83	-0,35	-0,90	0,00	-0,83	0,35	-0,67	0,61	-0,48	0,76	-0,31	0,85	-0,15	0,89
1			-0,73	-0,66	-0,91	-0,38	-0,98	0,00	-0,91	0,38	-0,73	0,66	-0,53	0,83	-0,34	0,92
2					-0,79	-0,72	-0,98	-0,41	-1,07	0,00	-0,98	0,41	-0,79	0,72	-0,57	0,90
3							-0,85	-0,77	-1,06	-0,45	-1,15	0,00	-1,06	0,45	-0,85	0,77
4									-0,91	-0,83	-1,14	-0,48	-1,23	0,00	-1,14	0,48
5											-0,97	-0,89	-1,21	-0,51	-1,32	0,00
6													-1,04	-0,94	-1,29	-0,54
7															-1,10	-1,00
8																

HORA DEL RELOJ LUNAR																
	18		19		20		21		22		23		24		1	
<i>n</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>
0	0,00	0,90	0,15	0,89	0,31	0,85	0,48	0,76	0,67	0,61	0,83	0,35	0,90	0,00	0,83	-0,35
1	-0,16	0,97	0,00	0,98	0,16	0,97	0,34	0,92	0,53	0,83	0,73	0,66	0,91	0,38	0,98	0,00
2	-0,37	1,00	-0,18	1,05	0,00	1,07	0,18	1,05	0,37	1,00	0,57	0,90	0,79	0,72	0,98	0,41
3	-0,62	0,97	-0,40	1,08	-0,19	1,13	0,00	1,15	0,19	1,13	0,40	1,08	0,62	0,97	0,85	0,77
4	-0,91	0,83	-0,66	1,04	-0,42	1,16	-0,21	1,22	0,00	1,23	0,21	1,22	0,42	1,16	0,66	1,04
5	-1,21	0,51	-0,97	0,89	-0,71	1,11	-0,45	1,24	-0,22	1,30	0,00	1,32	0,22	1,30	0,45	1,24
6	-1,40	0,00	-1,29	0,54	-1,04	0,94	-0,75	1,18	-0,48	1,31	-0,23	1,38	0,00	1,40	0,23	1,38
7	-1,37	-0,58	-1,48	0,00	-1,37	0,58	-1,10	1,00	-0,80	1,25	-0,51	1,39	-0,25	1,46	0,00	1,48
8	-1,16	-1,05	-1,44	-0,61	-1,57	0,00	-1,44	0,61	-1,16	1,05	-0,84	1,32	-0,54	1,47	-0,26	1,54
9			-1,22	-1,11	-1,52	-0,64	-1,65	0,00	-1,52	0,64	-1,22	1,11	-0,88	1,39	-0,57	1,55
10					-1,28	-1,17	-1,60	-0,67	-1,73	0,00	-1,60	0,67	-1,28	1,17	-0,93	1,46
11							-1,34	-1,22	-1,67	-0,71	-1,82	0,00	-1,67	0,71	-1,34	1,22
12									-1,41	-1,28	-1,75	-0,74	-1,90	0,00	-1,75	0,74

HORA DEL RELOJ LUNAR																
	2		3		4		5		6		7		8		9	
<i>n</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>
0	0,67	-0,61														
1	0,91	-0,38	0,73	-0,66												
2	1,07	0,00	0,98	-0,41	0,79	-0,72										
3	1,06	0,45	1,15	0,00	1,06	-0,45	0,85	-0,77								
4	0,91	0,83	1,14	0,48	1,23	0,00	1,14	-0,48	0,91	-0,83						
5	0,71	1,11	0,97	0,89	1,21	0,51	1,32	0,00	1,21	-0,51	0,97	-0,89				
6	0,48	1,31	0,75	1,18	1,04	0,94	1,29	0,54	1,40	0,00	1,29	-0,54	1,04	-0,94		
7	0,25	1,46	0,51	1,39	0,80	1,25	1,10	1,00	1,37	0,58	1,48	0,00	1,37	-0,58	1,10	-1,00
8	0,00	1,57	0,26	1,54	0,54	1,47	0,84	1,32	1,16	1,05	1,44	0,61	1,57	0,00	1,44	-0,61
9	-0,28	1,63	0,00	1,65	0,28	1,63	0,57	1,55	0,88	1,39	1,22	1,11	1,52	0,64	1,65	0,00
10	-0,60	1,63	-0,29	1,71	0,00	1,73	0,29	1,71	0,60	1,63	0,93	1,46	1,28	1,17	1,60	0,67
11	-0,97	1,53	-0,63	1,71	-0,30	1,79	0,00	1,82	0,30	1,79	0,63	1,71	0,97	1,53	1,34	1,22
12	-1,41	1,28	-1,02	1,60	-0,65	1,78	-0,32	1,87	0,00	1,90	0,32	1,87	0,65	1,78	1,02	1,60

HORA DEL RELOJ LUNAR													
	10		11		12		13		14				
<i>n</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>			
8	1,16	-1,05											
9	1,52	-0,64	1,22	-1,11									
10	1,73	0,00	1,60	-0,67	1,28	-1,17							
11	1,67	0,71	1,82	0,00	1,67	-0,71	1,34	-1,22					
12	1,41	1,28	1,75	0,74	1,90	0,00	1,75	-0,74	1,41	-1,28			

CUADRO N° 3.- COORDENADAS DE LOS PUNTOS DEL CUADRO N° 2 DESPLAZADAS EN HORIZONTAL PARA OBTENER, EN VERTICAL, LAS DE LAS LÍNEAS HORARIAS LUNARES.

En el adjunto, y ya citado, Cuadro n° 2 se recogen los resultados de la aplicación del método al cuadrante de la indicada latitud de 39° 24' 33,2" N e intervalos de una hora, si bien las líneas horarias se han diseñado con el ordenador para intervalos de cuarto de hora; en el también citado adjunto Cuadro n° 3 se ven los valores de las coordenadas desplazados para ya formar en vertical las series de puntos de las líneas horarias de hora en hora.

Solo queda relacionar estas líneas horarias con las de edad de la Luna que se utilizan como guía para la lectura. Para ello ha de sustituirse el haz de las trece líneas de retraso (desde la de 6 h en el cuarto creciente hasta la de 18 h en el cuarto menguante, ambas inclusive) por el de las de días de edad de la Luna en correspondencia con los radios de la corona circular. Se admite para una lunación la duración de 29 días 12 horas y 44 minutos, es decir 29,531 días; pero realmente oscila entre 29,27 días y 29,83 días. Además, el tiempo que transcurre entre el cuarto creciente y el menguante varía de unas lunaciones a otras con apreciables diferencias que llegan a superar ampliamente los dos días. Interesa para facilidad de lectura de la edad lunar adoptar cifras enteras y una escala fija, que no puede contemplar estas variaciones, y, por ello, admitir las licencias de adoptar 30 días para la lunación, correspondiendo la luna llena a los 15 días y los cuartos creciente y menguante a los 7 ½ y 22 ½ días, todo lo cual- con el propio de la construcción- puede llegar a suponer ciertos días un error de lectura del orden de tres cuartos de hora, asumible en este tipo de cuadrantes, solo curiosos y ornamentales. Resultan así diecisiete líneas de edad repartidas ocho a sendos lados de la del plenilunio que se corresponden con las trece líneas de retraso comprendidas entre los cuartos creciente y menguante.

Si *Re* es el radio de estas líneas de edad, y sigue siendo la unidad el ancho de la franja de corona circular, este radio *Re*, en función de los días de edad *e*, será:

$$Re = 0,9 + (e - 7,5) / 15 \quad \text{con la correspondencia:}$$

	Cuarto creciente					Luna llena					Cuarto menguante				
Días de retraso:	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
Días de edad <i>e</i> :	7 ½	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Radio <i>Re</i> :	0,90	1,00	1,13	1,27	1,40	1,53	1,67	1,80	1,90						

Para facilitar la lectura conviene que sean más gruesas tanto la línea de edad de luna llena (la de 15 días de edad) como la horaria de medianoche (las 24) por más que la lectura de estos cuadrantes, sin conocer generalmente con exactitud (por requerir ello una consulta previa) la edad de la Luna, no deja de ser aproximada. De hecho son suficientes, dada la poca exactitud de las lecturas, líneas de edad de dos en dos días para mayor claridad.

En la figura n° 1 se puede observar el cuadrante solar horizontal, con líneas horarias de hora en hora, trazado con el programa de Helmut Sonderegger (con líneas de declinación que nada tienen que ver con el trazado del lunar); en la figura n° 2 los círculos de las líneas de retraso de hora en hora de radio *Rr* para cada *n*; en la figura n° 3 estos círculos superpuestos sobre las líneas horarias del cuadrante solar; en la figura n° 4 la deducción de las líneas horarias lunares de hora en hora, según una "diagonal curvilínea" de los sectores de corona circular definidos por dos líneas horarias consecutivas del cuadrante solar y dos círculos de retraso consecutivos conforme a un ajuste de las coordenadas del Cuadro n° 3; en la figura n° 5 las "espirales" de las líneas horarias lunares resultantes del cálculo anterior; en la figura n° 6 los círculos

de las líneas de días de edad de la Luna durante los quince días comprendidos entre el cuarto creciente y el menguante, y, por último, en la figura nº 7, la superposición de las figuras nº 5 y nº 6 que, debidamente completada con las leyendas de identificación de líneas horarias y de edad, permiten diseñar el cuadrante. Para las horas de interés son solo suficientes entre las cuatro de la tarde (la hora 16) y las ocho de la mañana (la hora 8) que cubren, con algún exceso, el máximo tiempo de posible lectura nocturna para la latitud de cálculo en la noche más larga del solsticio de invierno.

Caben dos posiciones para las líneas de retraso, y, consecuentemente, para las de edad: la primera, ya señalada, de asignar el radio menor de R_r al retraso de 6 horas y el mayor al de 18 horas (con las correspondientes edades de 7,5 días y de 22,5 días) y la segunda de atribuir el radio menor de R_r al retraso de 18 horas y el mayor al de 6 horas (con las correspondientes edades de 22,5 días y de 7,5 días). En esta segunda posición el radio R_r de la línea de retraso para la línea n sería:

$$R_r = 1,90 - n/12. \text{ siendo } n = 0, 1, 2 \dots 11, 12 \quad R_r \text{ en unidades de ancho de franja.}$$

Como quiera que para un determinado retraso en un determinado día la sombra de la Luna que arroje el gnomon será la misma en una u otra posición con puntos en las líneas horarias lunares equidistantes del círculo de edad del plenilunio (15 días) resultan de este modo dos haces de líneas horarias lunares simétricos en relación con la meridiana, con “espirales” sinistrorsum en la primera posición y dextrorsum en la segunda, pudiendo elegir el proyectista, con un solo cálculo, la que estime más conveniente. Habiendo más campo, la lectura será más cómoda y exacta entre el plenilunio y el cuarto elegido para el radio mayor, por ello, si es más probable la observación de la Luna en la primera parte de la noche, se ofrece más conveniente disponer la segunda posición.

En las figuras nº 2 bis, 3 bis, 4 bis, 5 bis, 6 bis y 7 bis se observan cuales son, para esta segunda posición, las líneas homólogas de las ya citadas.

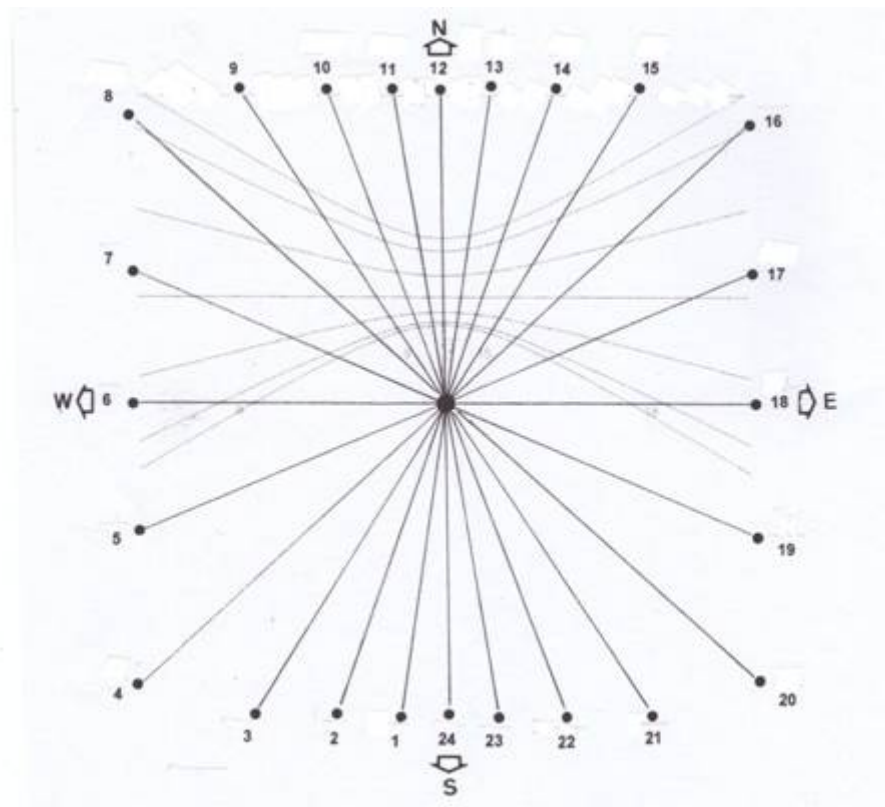


FIGURA N º 1.- CUADRANTE SOLAR DE BASE CON LÍNEAS HORARIAS DE HORA EN HORA DE TIEMPO VERDADERO LOCAL PARA LA LATITUD DE 39,41 º N, TRAZADO CON EL PROGRAMA DE HELMUT SONDEREGGER

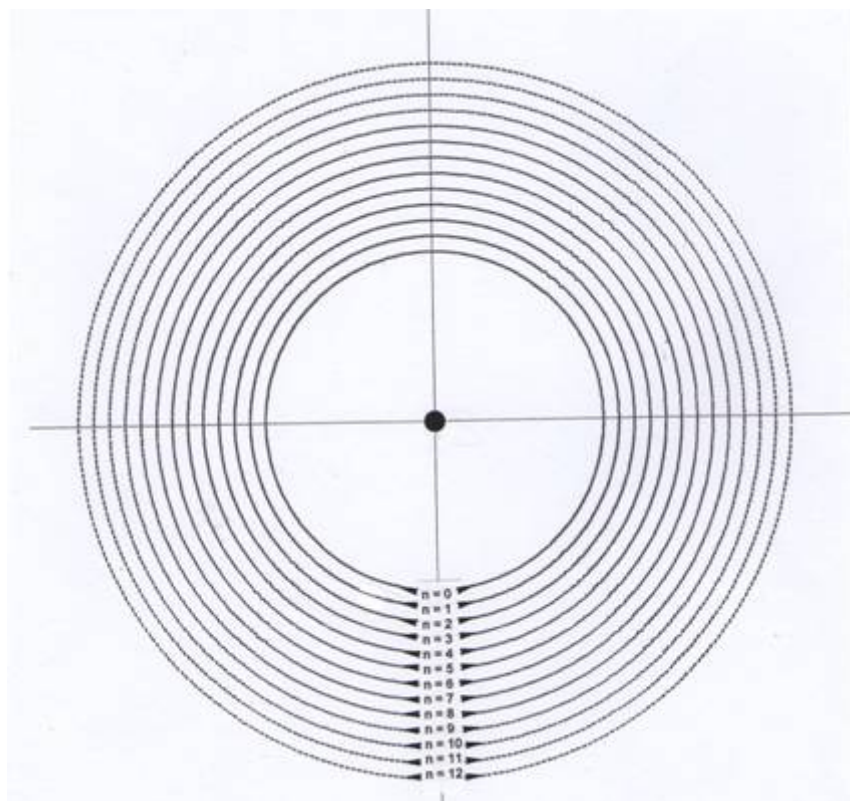


FIGURA N ° 2.- CÍRCULOS DE LÍNEAS DE RETRASO DE HORA EN HORA DE RADIO R_r CON CUARTO CRECIENTE EN EL RADIO MENOR DE LA CORONA CIRCULAR (POSICIÓN 1ª)

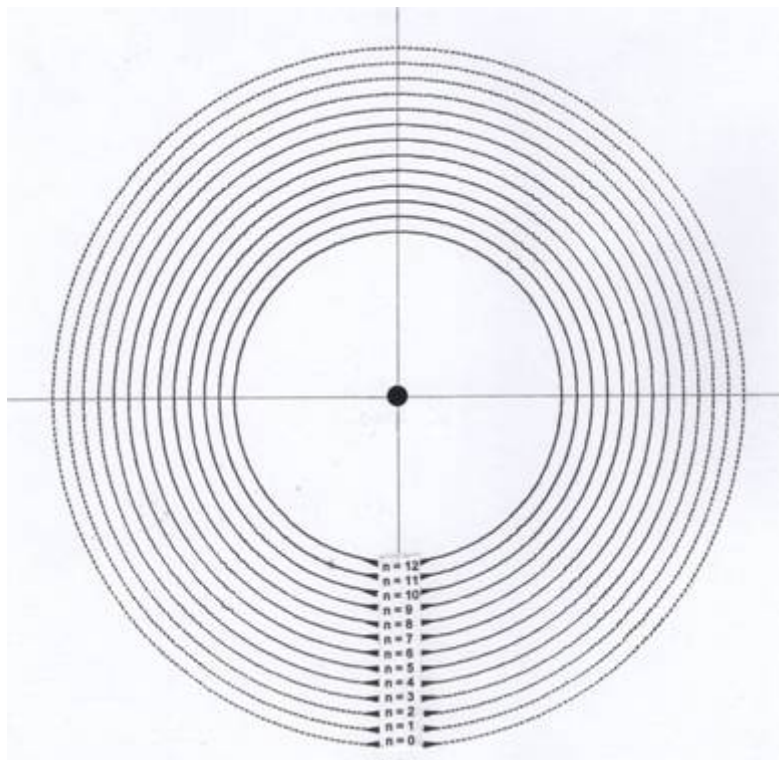


FIGURA N ° 2 bis.-.- CÍRCULOS DE LÍNEAS DE RETRASO DE HORA EN HORA DE RADIO R_r CON CUARTO MENGUANTE EN EL RADIO MENOR DE LA CORONA CIRCULAR (POSICIÓN 2ª)

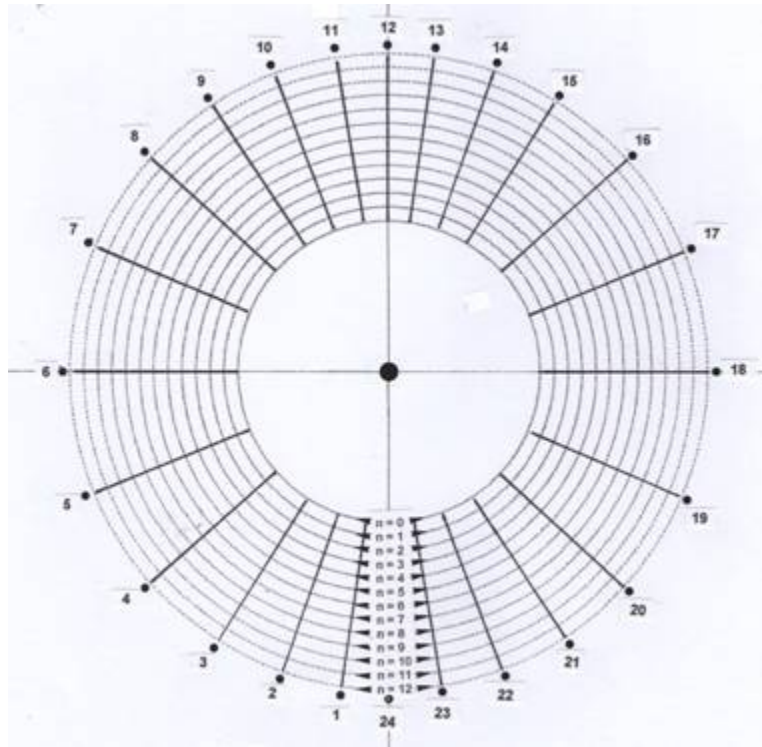


FIGURA N ° 3.- SUPERPOSICIÓN DE LAS LÍNEAS HORARIAS SOLARES SOBRE LAS DE RETRASO CON CUARTO CRECIENTE EN EL RADIO MENOR DE LA CORONA (POSICIÓN 1^a).

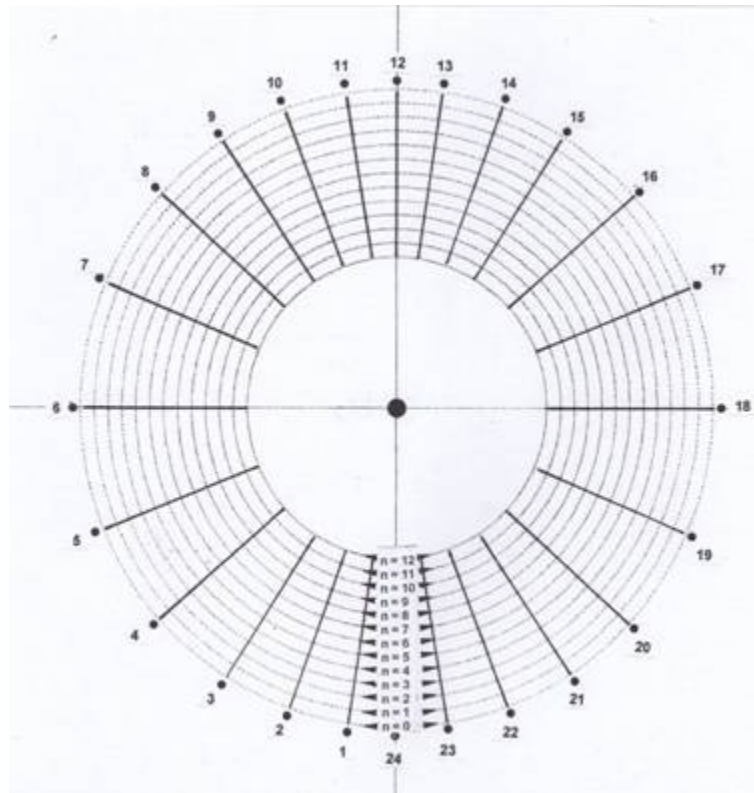


FIGURA N ° 3 bis.- SUPERPOSICIÓN DE LAS LÍNEAS HORARIAS SOLARES SOBRE LAS DE RETRASO CON CUARTO MENGUANTE EN EL RADIO MENOR DE LA CORONA (POSICIÓN 2^a).

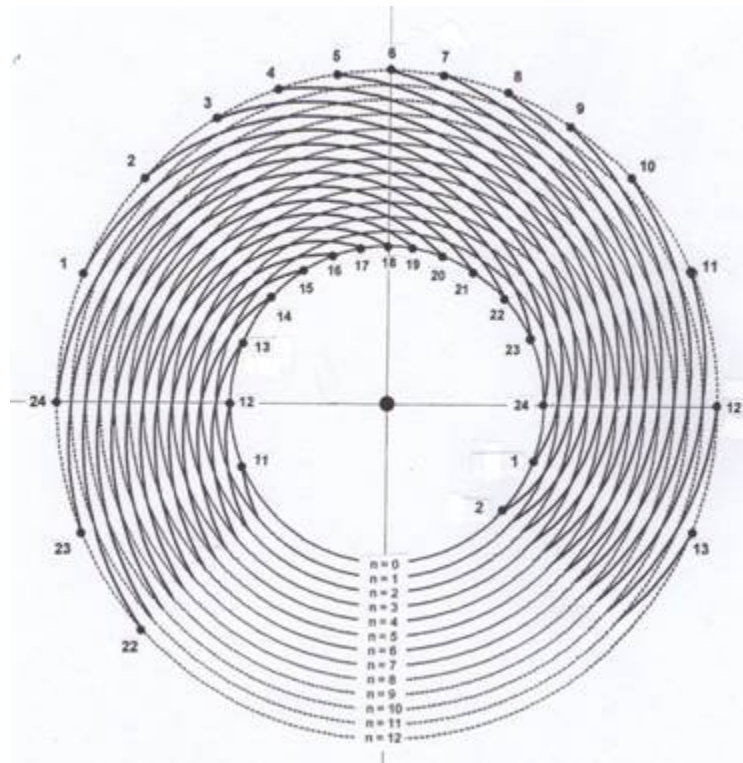


FIGURA N ° 4.- TRAZADO DE LAS LÍNEAS HORARIAS LUNARES CONFORME A LAS “DIAGONALES CURVILÍNEAS” DE LOS SECTORES DE LAS CORONAS CIRCULARES DE CADA HORA DE RETRASO RESULTANTES DE LA INDICADA SUPERPOSICIÓN Y DE LAS COORDENADAS DEL CUADRO N ° 3 (POSICIÓN 1^a)

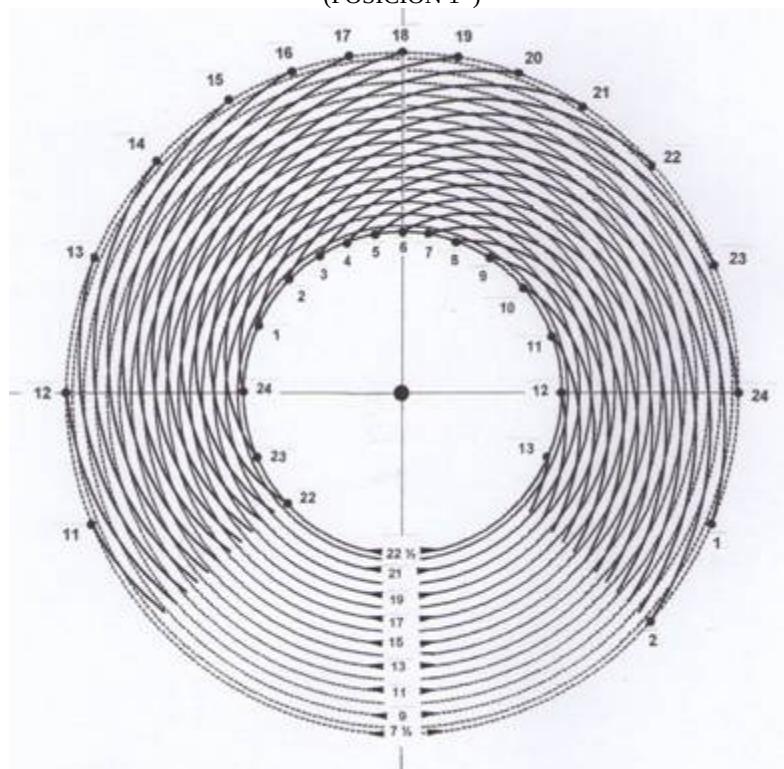


FIGURA N ° 4 bis.- TRAZADO DE LAS LÍNEAS HORARIAS LUNARES CONFORME A LAS “DIAGONALES CURVILÍNEAS” DE LOS SECTORES DE LAS CORONAS CIRCULARES DE CADA HORA DE RETRASO RESULTANTES DE LA SUPERPOSICIÓN Y COORDENADAS DEL CUADRO N ° 3. CON ABSCISAS CAMBIADAS DE SIGNO. (POSICIÓN 2^a).

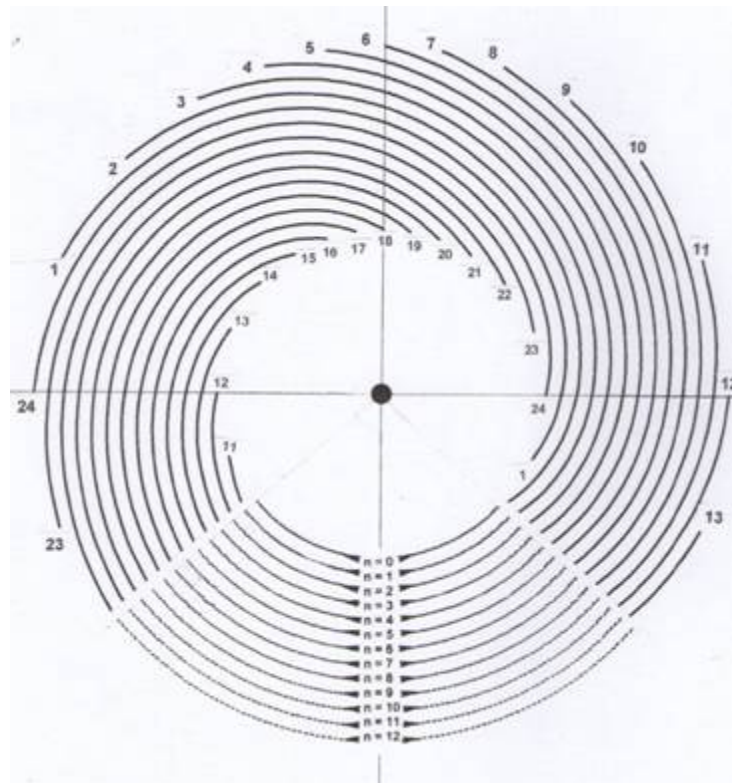


FIGURA N ° 5.- LÍNEAS HORARIAS LUNARES CONFORME AL CÁLCULO DE LA FIGURA 4 (POSICIÓN 1^a: HAZ DE LÍNEAS ESPIRALES SINISTRORSUM)

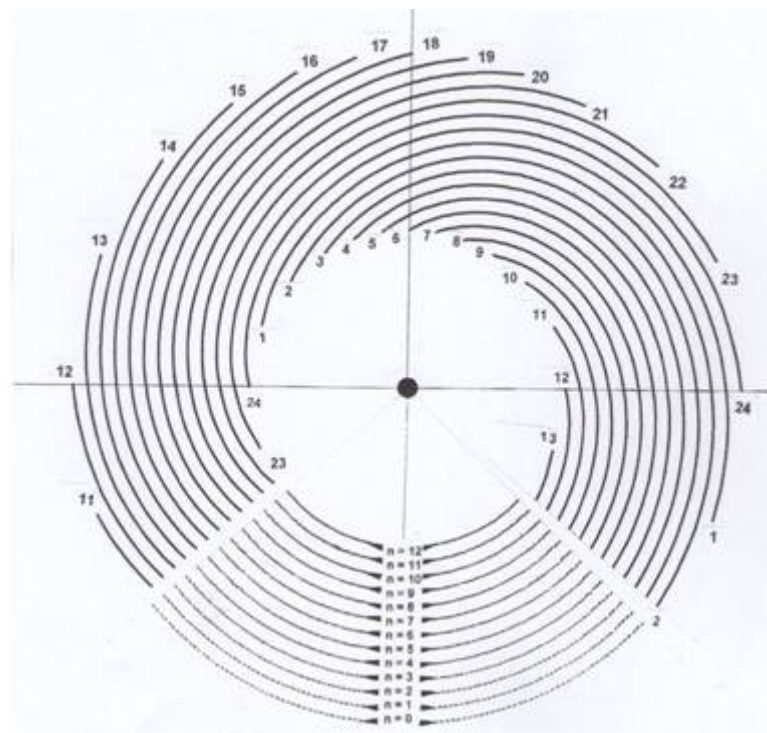


FIGURA N ° 5 bis.- LÍNEAS HORARIAS LUNARES CONFORME AL CÁLCULO DE LA FIGURA 4 bis (POSICIÓN 2^a: HAZ DE LÍNEAS ESPIRALES DEXTRORSUM)

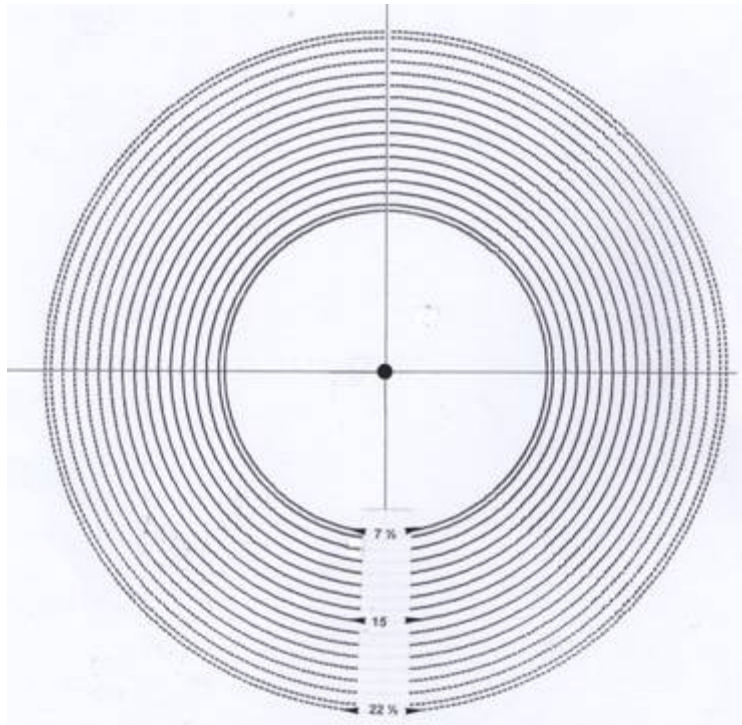


FIGURA N ° 6.- CÍRCULOS DE LÍNEAS DE EDAD DE LA LUNA DE DÍA EN DÍA ENTRE LOS CUARTOS CRECIENTE (RADIO MENOR DE LA CORONA) Y MENGUANTE (RADIO MAYOR) (POSICIÓN 1 º).

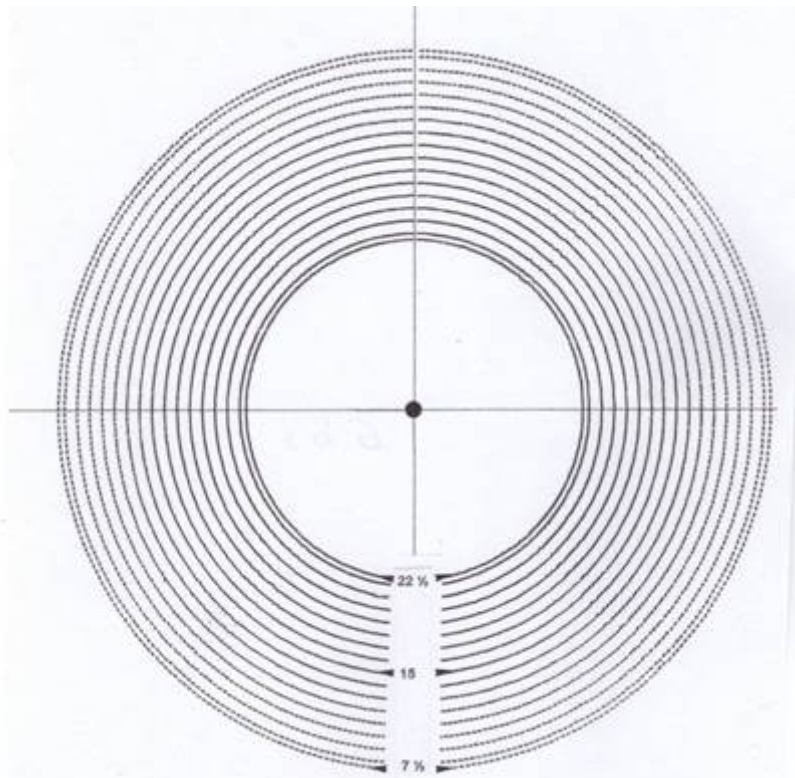


FIGURA N ° 6 bis.- CÍRCULOS DE LÍNEAS DE EDAD DE DÍA EN DÍA ENTRE LOS CUARTOS CRECIENTE (RADIO MAYOR DE LA CORONA) Y MENGUANTE (RADIO MENOR) (POSICIÓN 2 º).

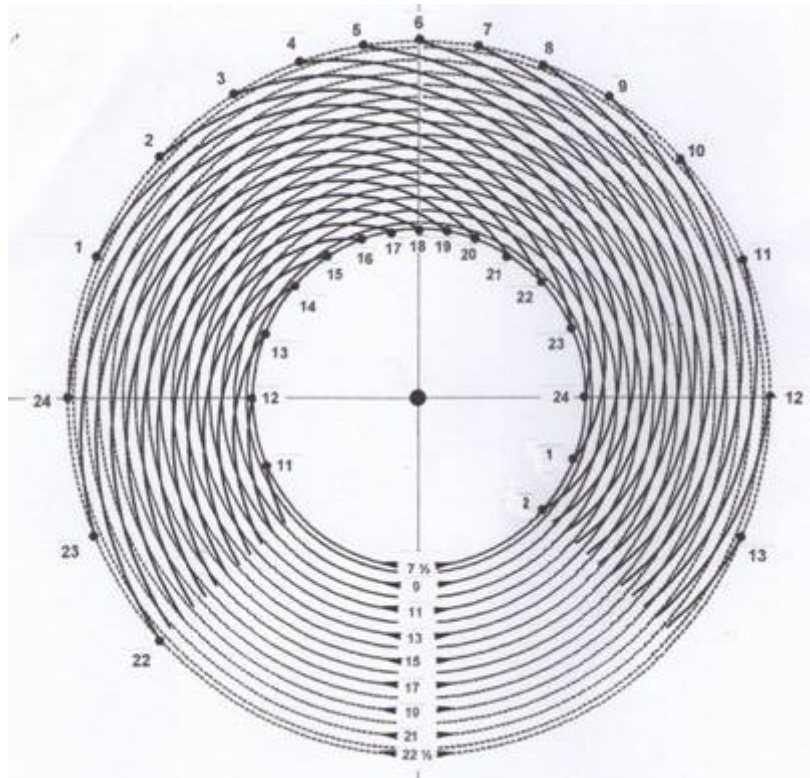


FIGURA N ° 7.- SUPERPOSICIÓN DE LAS LÍNEAS HORARIAS SOBRE LAS DE EDAD CON CUARTO CRECIENTE EN EL INTERIOR Y CUARTO MENGUANTE EN EL EXTERIOR (POSICIÓN 1ª).

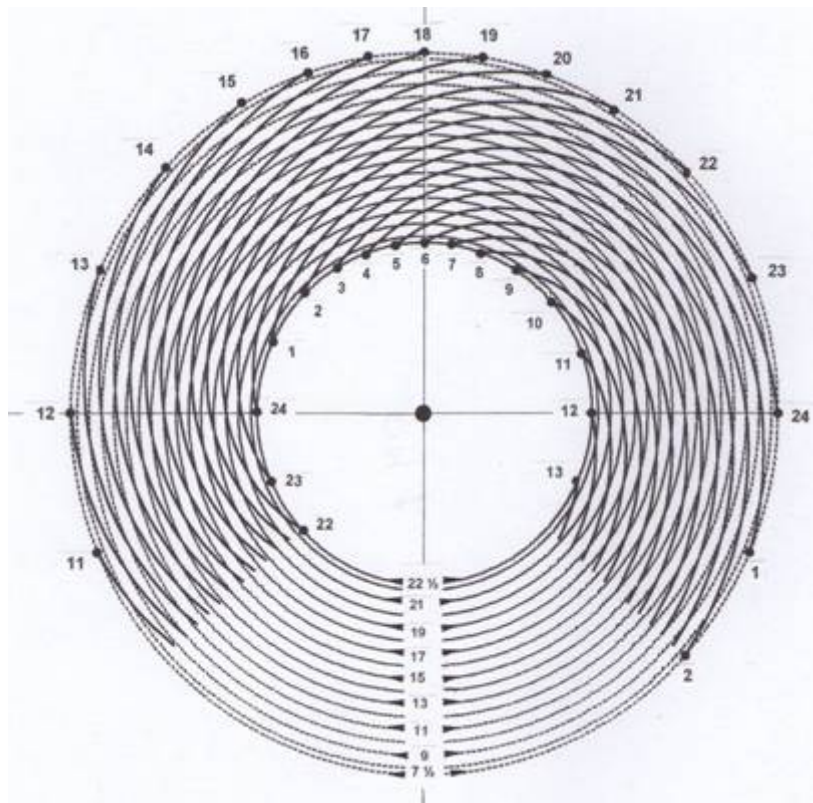


FIGURA N ° 7 bis.- SUPERPOSICIÓN DE LAS LÍNEAS HORARIAS SOBRE LAS DE EDAD CON CUARTO CRECIENTE EN EL EXTERIOR Y CUARTO MENGUANTE EN EL INTERIOR (POSICIÓN 2ª).

Al objeto de su cálculo informatizado se ha formado un programa fuente (ver Anexo) para la aplicación del método que da las líneas horarias lunares con la posición 1 (e igualmente de la 2 con la misma figura simétrica e inversión de escala de edades) con la sola introducción de la latitud del lugar e intervalos de tiempo ya elegido para líneas de retraso y líneas horarias correspondientes, así como los límites de estas.

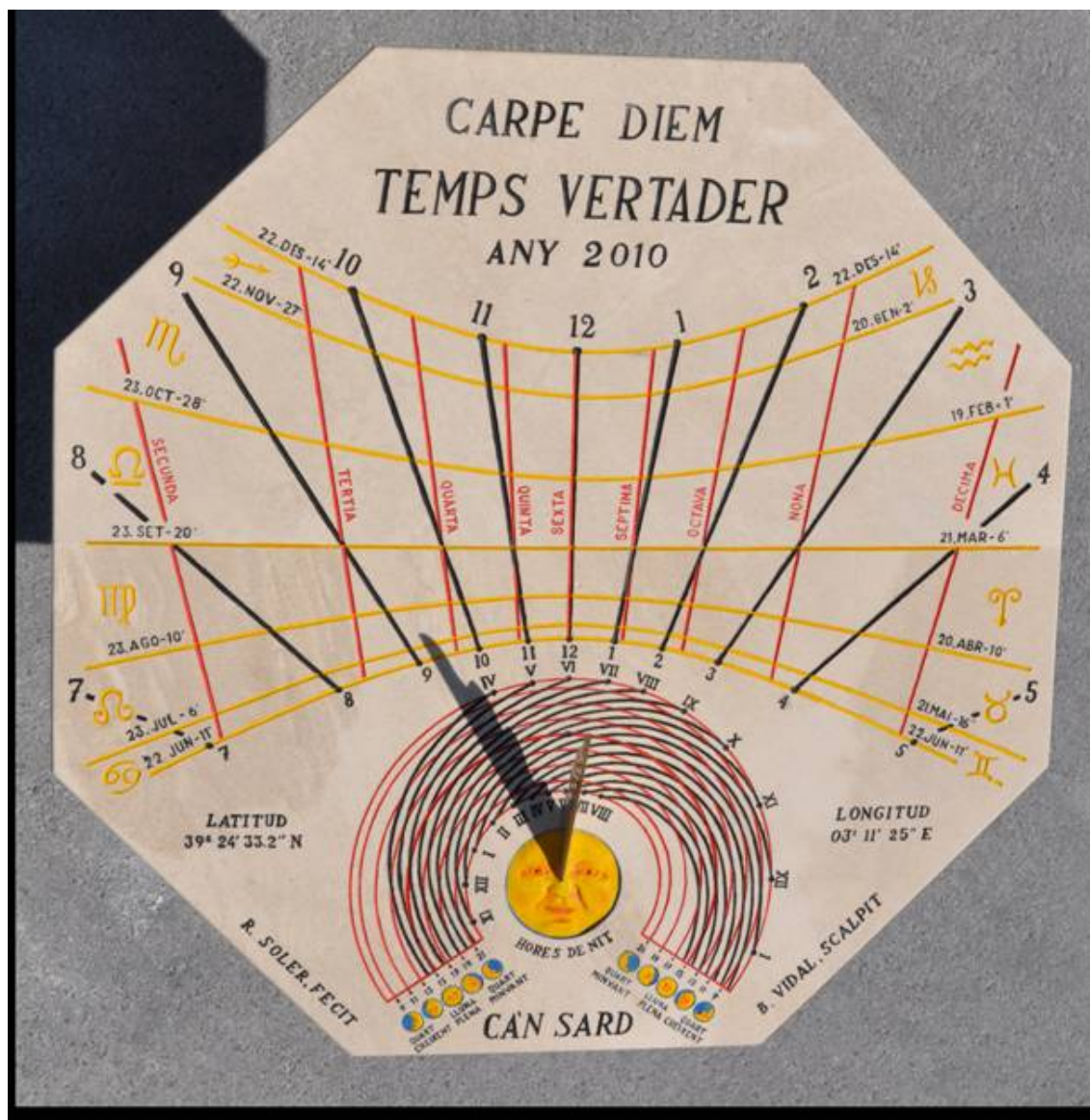
En las adjuntas fotografías se puede apreciar un cuadrante lunar- al cual ha sido aplicado el método- tallado en calcarenita con la segunda posición, y el solar al cual corresponden los cuadros de datos antes expuestos para diseño del lunar, con las horas verdaderas del lugar y con las líneas de declinación y horas temporarias - ambas ajenas al cálculo de las lunares- definidas por su intersección con la línea recta de declinación equinoccial y el ángulo que forman con esta conforme al cálculo analítico ⁽⁴⁾ el cual, para la latitud del lugar, resulta ser de:

segunda	tertia	quarta	quinta	sexta	septima	octava	nona	decima
104,2°	100,5°	97,0°	93,5°	90,0°	86,5°	83,0°	79,5°	75,8°

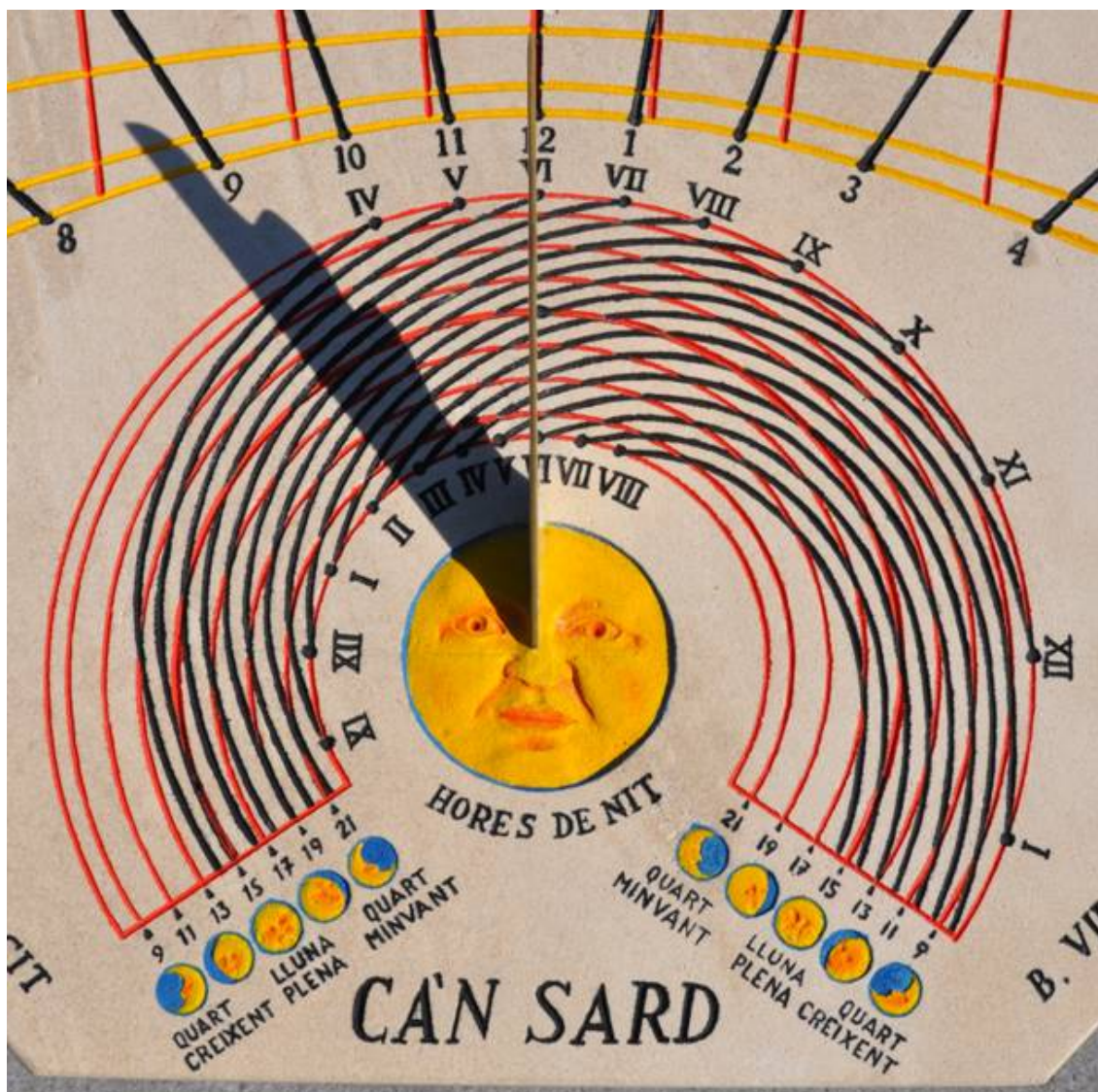
y se salen del dibujo las horas prima y undécima.



CUADRANTE LUNAR, DONDE SE HA COMPROBADO EL MÉTODO EXPUESTO, COMBINADO CON EL SOLAR DE HORAS VERDADERAS DE BASE PARA SU CÁLCULO, Y TEMPORARIAS (AJENAS AL CÁLCULO).



VISTA CENTAL DE LOS CUADRANTES SOLAR Y LUNAR COMBINADOS CON EL MISMO GNOMON.
EL CÍRCULO CIRCUNSCRITO AL OCTÓGONO ES DE OCHENTA CENTÍMETROS



DETALLE DEL CUADRANTE LUNAR CON LA POSICIÓN SEGUNDA DE LAS LÍNEAS DE EDAD (HAZ ESPIRAL DEXTORSUM DE LAS LÍNEAS HORARIAS LUNARES Y CUARTO CRECIENTE EN EL EXTERIOR. SI LA SOMBRA FUERA DE LA LUNA LLENA SEÑALARÍA LAS 20 ½ HORAS; SI CUARTO MENGUANTE, LAS 2 ½ HORAS.

NOTAS

- (1) Editado por el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos en su Colección de "Ciencias, Humanidades e Ingeniería" (nº 29). Servicio de Documentación y Biblioteca. C/ Almagro nº 42 28010 MADRID. Tel.: 34 91 3081988 - Fax: 34 91 3199556 - Email: librería@ciccp.es
- (2) La exposición puede encontrarse en la página 405 del libro antes indicado.
- (3) La deducción puede encontrarse en la página 287 del libro antes indicado
- (4) La fórmula y su deducción puede encontrarse en la página 373 del libro antes indicado.

10/05/20

solergaya@hotmail.com

UN DISEÑO ANALÍTICO DE CUADRANTES LUNARES

ANEXO
PROGRAMAS FUENTE PARA EL CÁLCULO INFORMÁTICO DE LAS LÍNEAS HORARIAS LUNARES

Se aportan dos programas: el primero con líneas horarias cada cuarto de hora, o sea con intervalos de ángulo horario de $3,75^\circ$, y el segundo con líneas horarias cada hora, o sea con intervalos de ángulo horario de 15° . El primero es más exacto por permitir un mejor ajuste de las curvas y es el que recogen las figuras, aunque grafiando solo las líneas horarias enteras y los días enteros de edad para mayor comodidad de lectura y grabado.

En la notación téngase en cuenta que.

EPI significa ε , ángulo horario

PI significa π para conversión de ángulos entre grados y radianes

PFI significa ϕ la latitud del lugar

Los programas calculan las líneas horarias lunares partiendo de ángulos horarios del cuadrante solar de base comprendidos entre -120° y $+120^\circ$ tramo horario más que suficiente para las latitudes de habitual presentación en España o inferiores.

PRIMER PROGRAMA.-

**Programa fuente para calcular cuadrantes lunares
horizontales y líneas de retraso con computador
(lenguaje Free Pascal) con línea horaria cada 1/4 de hora}**

```
PROGRAM lunar_3_75(INPUT,OUTPUT,F1);
USES CRT;
VAR F1:TEXT;
    I,J,L:INTEGER;
    EPSI:ARRAY[1..65] OF REAL;
    Rn:ARRAY[1..49] OF REAL;
    RD,PFI:REAL;

FUNCTION K:REAL;
BEGIN
    K := ARCTAN(SIN(PFI)*(SIN(EPSI[I])/COS(EPSI[I])))
END;

FUNCTION X:REAL;
BEGIN
    IF EPSI[I] = 0 THEN X := Rn[J]*SIN(K)
    ELSE X := (EPSI[I]/ABS(EPSI[I]))*ABS(Rn[J]*SIN(K))
END;

FUNCTION Y:REAL;
BEGIN
    IF ABS(EPSI[I]/RD) <= 90 THEN Y := Rn[J]*COS(K)
    ELSE Y := (-1)*ABS(Rn[J]*COS(K))
END;

FUNCTION Xr(ALFA:REAL):REAL;
BEGIN
    Xr := Rn[J]*SIN(ALFA)
END;

FUNCTION Yr(ALFA:REAL):REAL;
BEGIN
    Yr := Rn[J]*COS(ALFA)
END;
```

```

BEGIN
  textbackground(lightblue);
  textcolor(white);
  clrscr;
  Writeln('CUADRANTE LUNAR:LINEAS HORARIAS');
  Writeln;Write('VALOR DE PFI: ');RESET(INPUT); READ(PFI); Writeln;
  RD := PI/180;
  PFI := PFI*RD;
  ASSIGN (F1,'TLUNAR.TXT');
  REWRITE(F1);

  I := 1; EPSI[I] := -120;
  I := 2;
  WHILE I < 66 DO
    BEGIN
      EPSI[I] := EPSI[I-1] + 3.75;
      I := I+1
    END;

  I := 1;
  REPEAT
    BEGIN
      EPSI[I] := EPSI[I]*RD;
      I := I+1
    END
  UNTIL I > 65;

  J := 1;
  REPEAT
    BEGIN
      Rn[J] := 0.9+(J-1)/48;
      J := J+1
    END
  UNTIL J > 49;

  FOR I := 1 TO 65 DO WRITE(F1,';',EPSI[I]/RD,';');
  Writeln(F1);Writeln(F1);

  I := 1; J := 1;
  WHILE J < 50 DO
    BEGIN
      WRITE(F1,J,';');
      WHILE I < 66 DO
        BEGIN
          WRITE(F1,X,';',Y,';');
          I := I + 1
        END;
      J := J + 1;
      I := 1;
      Writeln(F1)
    END;
  Writeln(F1);Writeln(F1);

  FOR I := 1 TO 65 DO WRITE(F1,';',EPSI[I]/RD,';');
  Writeln(F1);Writeln(F1);

  I := 1; J := 1;
  WHILE J < 50 DO
    BEGIN

```



```

        WRITE(F1,J,';');
        IF J > 1 THEN
            FOR L := 1 TO J - 1 DO
                BEGIN
                    WRITE(F1,';');
                    WRITE(F1,';')
                END;
            WHILE I < 66 DO
                BEGIN
                    WRITE(F1,X,';',Y,';');
                    I := I + 1
                END;
            J := J + 1;
            I := 1;
            Writeln(F1)
        END;
        Writeln(F1);Writeln(F1);

J := 1;
WHILE J < 50 DO
    BEGIN
        FOR L := 0 TO 360 DO
            BEGIN
                WRITE(F1,Xr(L*RD),';');
                Writeln(F1,Yr(L*RD),';')
            END;
            J := J + 4;
            Writeln(F1)
        END;
        Writeln(F1);
        CLOSE(F1)
    END.

```

SEGUNDO PROGRAMA.-

**Programa fuente para calcular cuadrantes lunares
horizontales con computador (lenguaje Free Pascal)
con línea horaria cada hora**

```

PROGRAM lunar_15(INPUT,OUTPUT,F1);
USES CRT;
VAR F1:TEXT;
    I,J,L:INTEGER;
    EPSI:ARRAY[1..17] OF REAL;
    Rn:ARRAY[1..13] OF REAL;
    RD,PFI:REAL;

FUNCTION K:REAL;
BEGIN
    K := ARCTAN(SIN(PFI)*(SIN(EPSI[I])/COS(EPSI[I])))
END;

FUNCTION X:REAL;
BEGIN
    IF EPSI[I] = 0 THEN X := Rn[J]*SIN(K)
    ELSE X := (EPSI[I]/ABS(EPSI[I]))*ABS(Rn[J]*SIN(K))
END;

FUNCTION Y:REAL;

```

```

BEGIN
    IF ABS(EPSI[I]/RD) <= 90 THEN Y := Rn[J]*COS(K)
    ELSE Y := (-1)*ABS(Rn[J]*COS(K))
END;

FUNCTION Xr(ALFA:REAL):REAL;
BEGIN
    Xr := Rn[J]*SIN(ALFA)
END;

FUNCTION Yr(ALFA:REAL):REAL;
BEGIN
    Yr := Rn[J]*COS(ALFA)
END;

BEGIN
    textbackground(lightblue);
    textcolor(white);
    clrscr;
    Writeln('CUADRANTE LUNAR:LINEAS HORARIAS');
    Writeln;Write('VALOR DE PFI: ');RESET(INPUT); READ(PFI); Writeln;
    RD := PI/180;
    PFI := PFI*RD;
    ASSIGN (F1, 'TLUNAR.TXT');
    REWRITE(F1);

    I := 1; EPSI[I] := -120;
    I := 2;
    WHILE I < 18 DO
        BEGIN
            EPSI[I] := EPSI[I-1] + 15;
            I := I+1
        END;

    I := 1;
    REPEAT
        BEGIN
            EPSI[I] := EPSI[I]*RD;
            I := I+1
        END
    UNTIL I > 17;

    J := 1;
    REPEAT
        BEGIN
            Rn[J] := 0.9+(J-1)/12;
            J := J+1
        END
    UNTIL J > 13;

    FOR I := 1 TO 17 DO WRITE(F1, ';', EPSI[I]/RD, ';');
    Writeln(F1);Writeln(F1);

    I := 1; J := 1;
    WHILE J < 14 DO
        BEGIN
            WRITE(F1, J, ';');
            WHILE I < 18 DO
                BEGIN
                    WRITE(F1, X, ';', Y, ';');

```

```

        I := I + 1
    END;
    J := J + 1;
    I := 1;
    Writeln(F1)
END;
Writeln(F1);Writeln(F1);

FOR I := 1 TO 17 DO WRITE(F1, ';', EPSI[I]/RD, ';');
Writeln(F1);Writeln(F1);

I := 1; J := 1;
WHILE J < 14 DO
    BEGIN
        WRITE(F1, J, ';');
        IF J > 1 THEN
            FOR L := 1 TO J - 1 DO
                BEGIN
                    WRITE(F1, ';');
                    WRITE(F1, ';')
                END;
            WHILE I < 18 DO
                BEGIN
                    WRITE(F1, X, ';', Y, ';');
                    I := I + 1
                END;
            J := J + 1;
            I := 1;
            Writeln(F1)
        END;
    Writeln(F1);Writeln(F1);
    CLOSE(F1)
END.

```

DE LA LÁMINA UNIVERSAL AL GIRASOL

UN CUADRANTE DE ALTURA UNIVERSAL

Por Luís Hidalgo Velayos

LAMINA UNIVERSAL

Generalidades

Hay un proverbio latino que dice “sub sole nihil novus” cuya traducción literal es bajo el Sol nada hay nuevo, queriendo indicar que ya está todo inventado y en el tema que hoy nos ocupa nada más ajustado a la realidad.

Han pasado mas de IX siglos desde que en 1071. Alí Ibn Khalaf inventara la Lámina universal y al año siguiente redactara un tratado de utilización, que fue traducido al español por Rabisab, astrónomo del rey Alfonso X el sabio, acompañado de un texto sobre la construcción de la misma, que está incluido en “Libros del Saber Astronomía”, hacia el año 1270.

John Blagrove reinventa la Lámina universal en su libro Mathematical Jewel (Joya Matemática) publicado en 1585, pero las explicaciones son confusas por lo que el éxito en Inglaterra fue efímero. Hubo otras publicaciones posteriores aunque en la actualidad solo hay tres láminas que se han conservado, debido a la utilización de materiales mas nobles (latón) resaltando en relieve la rejilla que la compone. Se supone que existieron otras construidas con papel y cartulina que han desaparecido

Descripción.

La Lámina universal consiste en la mitad del tímpano de la Azafea de Azarquiel. Los paralelos de la

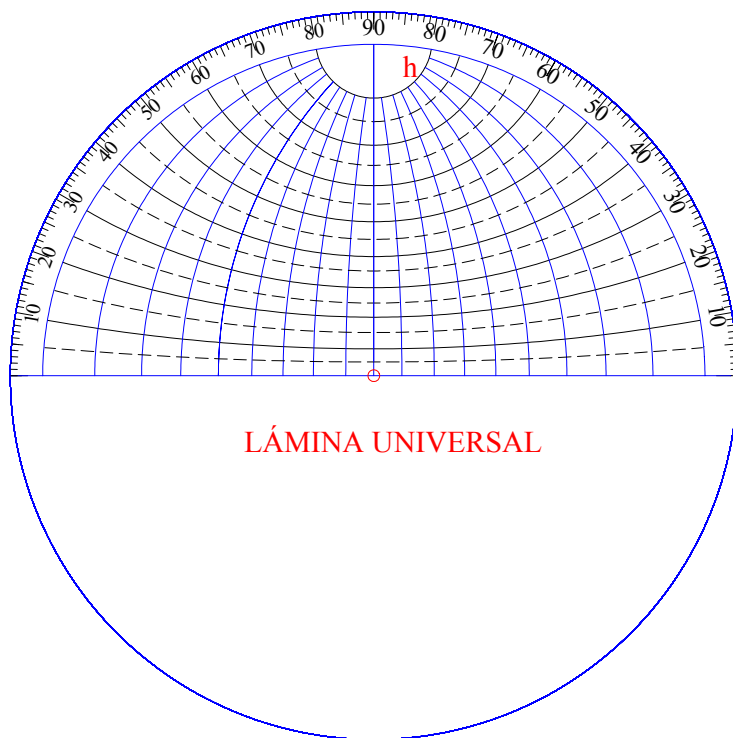


Lámina universal representan la altura solar (h) y los meridianos el acimut, es decir las coordenadas horizontales, mientras que los paralelos de la Zafea representan la declinación (δ) del sol el día de la observación y los meridianos están expresados por la hora (t) (coordenadas ecuatoriales horarias). El funcionamiento es sencillo. Se trata de obtener la hora utilizando la altura solar en un día determinado y en una latitud cualquiera conocida (de ahí el nombre de universal). Para ello se girará la Lámina universal sobre la Zafea, procurando que la equinoccial (ecuador) confronte con la latitud en la que estamos haciendo la observación y que está dispuesta en una escala del cuadrante inferior derecho de la Zafea; entonces, el paralelo de la altura de la Lámina

universal, cruza al paralelo de la declinación de la Zafea en un punto que caerá sobre o entre los meridianos de esta, que representan la hora. De este modo partiendo de una altura conocida mediante

una alidada con sus pínulas, se obtiene la hora en cualquier latitud y día, computándose como un ábaco conversor de coordenadas muy eficaz.

Construcción

Actualmente tenemos la facilidad de utilizar unos materiales transparentes, como el vinilo, metacrilato, etc que hubiera deseado tener Regiomontano, que preconizaba utilizar cuerno en el año 1504, u otros autores que utilizaban hilos para su confección. Sobre esta base transparente se dibujarán meridianos y paralelos, procurando que sean de distinto color que los de la Zafea subyacente, para una identificación mas clara.

La construcción de la lámina universal es exactamente igual que la de la Zafea y se rige por los principios de la proyección estereográfica, en el que un círculo celeste se proyecta como otro círculo que tiene un centro y un radio determinado.

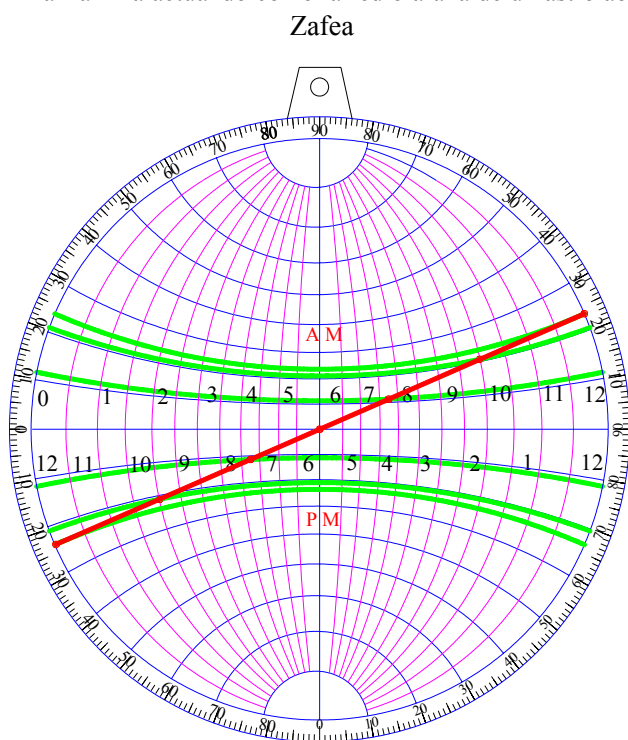
Los círculos de los paralelos tienen un radio $R' = R/\operatorname{tg}\delta$ (siendo R el radio de la Lámina) y con un centro O' , distante del centro O de la lamina $O_O' = R.(\cot\delta + \operatorname{tg}\delta/2)$ sobre la vertical. Téngase en cuenta que δ (declinación del Sol) puede ser sustituido por h (altura solar).

Los meridianos tienen un radio $R'' = R.(\cot t + \operatorname{tg}t/2)$ y un centro O'' , a una distancia distante del O , sobre la horizontal, de $O_O'' = R/\operatorname{tg} t$. Se observa que los valores de centros y radios para los paralelos, están invertidos para los meridianos.

Quizás sea más sencillo para dibujar tanto los paralelos como los meridianos establecer tres puntos por donde pasa un círculo. En el caso de los paralelos se conoce dos puntos simétricos que son donde el círculo exterior de la Zafea está graduado en grados con pasos de un grado y va de 0° - 90° y el tercero es donde el círculo corta al meridiano de la Lámina universal a la distancia del centro = $R.\operatorname{tg}\delta/2$. Para los meridianos los dos puntos simétricos por donde deben pasar todos los círculos proyectados son los polos N y S y el tercero debe intersecar a la equinoccial a una distancia = $R.\operatorname{tg}t/2$

Utilización

La Lámina actuando como la red o araña de un astrolabio plano, puede girar concéntricamente sobre



la Zafea que esta debajo y se debe de llevar la equinoccial a la latitud donde queramos operar.

Por ejemplo para Madrid (40.4° N) en la escala de las latitudes que se encuentra en el cuadrante inferior derecho de la Zafea, la determinación de la hora se hace para la tarde del día 21 de Mayo, cuando la declinación es de 20.15° (según la división de la eclíptica de la Zafea) y la altura tomada con la alidada es de 30° . El paralelo de la Lámina universal toma el valor de la coordenada de la altura 30° y el punto de intersección del paralelo en cuestión con el paralelo de la Zafea de declinación 20.15° , caerá sobre un círculo horario (o entre dos círculos horarios de la Zafea) en este caso sobre el círculo de las 4.h 30m PM. (según cálculo 4h 28m 54s)

En conclusión se ha obtenido la hora con el dato de altura del Sol en cualquier latitud y sea cual sea el día de la observación.

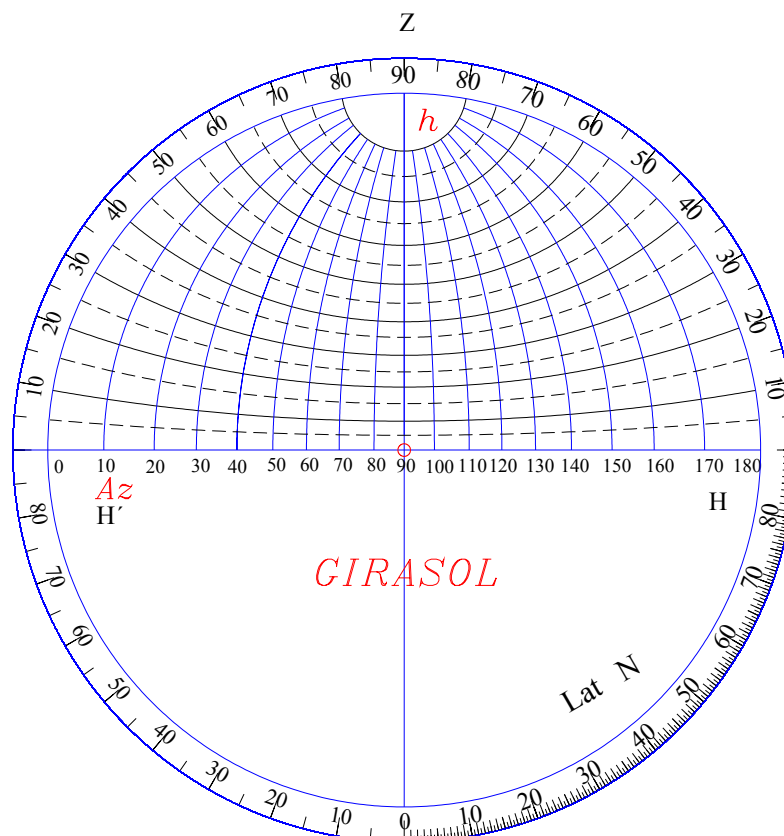
PRÓLOGO A EL GIRASOL

Estas líneas a modo de prólogo vienen al caso de un artículo que escribí hace tiempo en la revista *Analema*, con el título de “El Girasol”, y que por aquel tiempo me pareció una creación novedosa de la escuela de Arquitectura de Nantes. Hoy me doy cuenta, de que no es más que una modificación de la Lámina universal de Ali Ibn Khalaf, en la que se ha invertido en su posición la Zafea por la Lámina universal, que ahora permanece estática y los paralelos y meridianos representan las coordenadas horizontales de la altura y los acimutes respectivamente, mientras que de la Zafea se aprovechan solamente los paralelos de la declinación del sol (23.44° -- 23.44°) y en esta versión es la parte móvil giratoria, en la que están dibujados los paralelos y meridianos con tinta de diferente color y en material transparente, representando los paralelos y meridianos las coordenadas ecuatoriales de la declinación del Sol y los ángulos horarios. Con esta inversión no se modifica sustancialmente la posición relativa con respecto a la que tiene la Lámina universal.

EL GIRASOL

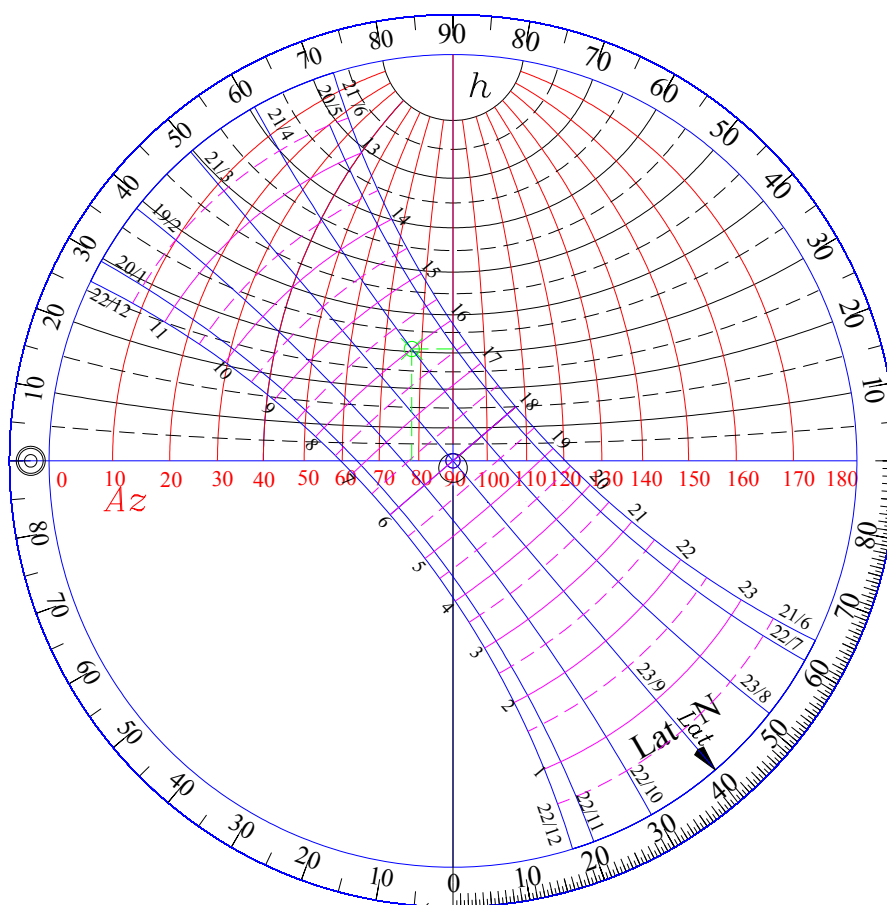
Se trata de un ábaco que transforma las coordenadas ecuatoriales en coordenadas horizontales (**t; δ**) -> (**h, A**) y viceversa, siendo de gran utilidad para los aficionados a la astronomía, a la gnomónica y en especial para los arquitectos. En la Escuela de Nantes en Francia establecieron este ábaco para obtener la altura y el acimut, siendo conocidas la declinación (fecha) y la hora (ángulo horario). El nombre de “girasol” es extremadamente acertado porque en todo momento se está mirando al Sol en las coordenadas horizontales de la altura y acimut, es como si durante el transcurso del día un observador siguiese la trayectoria de nuestra estrella mirándola sin perderla de vista de la misma manera que lo hace un girasol.

Aunque en esencia se desarrolló para poner de manifiesto la insolación, como otros diagramas (Fisher entre otros) cartas solares de carácter local, mientras que el Girasol es universal, con fines prácticos de iluminación y ahorro energético en las edificaciones, al tratarse de media proyección estereográfica de la bóveda celeste, las aplicaciones que pueden obtenerse de este ábaco son más amplias de las que nos indica la Escuela de Arquitectura de Nantes



El esquema planteado por esta escuela es el siguiente: Si estamos situados en un punto de latitud $\varphi = 40.4^\circ$ N y longitud $\lambda = 3.68^\circ$ W (Madrid) y sabemos la declinación del Sol δ (fecha) y el ángulo horario t , hemos de averiguar para esa latitud, esa fecha y esa hora, la altura del Sol (h) y su acimut (Az) en ese instante.

Es conocido el lugar de emplazamiento $\varphi = 40.4^\circ$, y la fecha (δ) del Sol en ese instante es 11,46°, que corresponden al 21 de abril y 23 de agosto, aunque solamente utilizaremos la primera. Es obvio que este ábaco a diferencia del astrolabio de la Zafea de Azarquiel de proyección estereográfica, solo responde a las coordenadas de nuestra estrella, el Sol, aunque conserva su carácter universal, queriendo indicar que se puede utilizar en cualquier latitud y en algunas fechas. Es evidente pues que no resuelve los problemas de cronometría nocturna, porque carece de las coordenadas de otras estrellas, exceptuando el Sol, y no podrán llevarse a cabo con este artefacto ni tampoco los derivados del establecimiento de los crepúsculos, pues solamente es media bóveda la que está representada., aunque es posible de alguna manera percibirlos utilizando la escala de las latitudes, eso sí, sin poder averiguar ni las horas ni su duración.



Se debe poner la flecha en el cuadrante inferior derecho en la graduación 40.5° . En este momento la equinoccial (ecuador) representado por la flecha cuya punta es **Lat** debe apuntar a la división 40.5. Vemos que la intersección de las 16 h y 8 h con la línea de declinación 11.46° (21 de Abril y 23 de Agosto) que corresponde a 23 / 8 y 21 / 4 se yuxtapone al acimut $Az = 78.5^\circ$ y a la altura $h = 30^\circ$

Comprobación trigonométrica: $\text{sen } h = \text{sen } \varphi \text{ sen } \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t = 30.12^\circ$.

El acimut se comprueba con la fórmula empleada por los topógrafos

$\text{tag } Az = \text{sen } t / \cos t \text{ sen } \varphi - \cos \varphi \text{ tg } \delta = 5.1$ y $Az = 78.91^\circ$

Es evidente que solamente podemos obtener datos relativos al Sol. Sin embargo se puede jugar con los parámetros conocidos para averiguar un tercero que es el que nos interesa. En este ejemplo como en los que siguen, si no se dice otra cosa, la latitud es la de Madrid 40.4° N y los símbolos empleados son: **h** = altura solar; **δ** = declinación del Sol; **φ** = latitud de empleo; **λ** = longitud terrestre; **A** = acimut, contado desde el Norte; **Az** = acimut contado desde el Sur = $180 - A$; **ψ** = ángulo auxiliar; **t** = ángulo horario (hora)

Trataremos de ir resolviendo los *problemas* con la ayuda del Girasol:

a) Obtención de la hora (t). Si conocemos la altura alcanzada por el Sol en un instante que la estimamos en $h = 30^\circ$, el día de la observación 21 de Abril. y la latitud de Madrid 40.4° N, llevaremos la flecha **Lat** hacia la división 40.5 de la escala de las latitudes en el cuadrante inferior derecho. En esta posición el Girasol es capaz de contestar a las preguntas y así observamos que la línea de declinación que corresponde al 21 de Abril corta al paralelo de la almuncantarada $h = 30^\circ$ en un punto que coincide con las 8 A M y 4 P M

Comprobación trigonométrica $\cos t = \frac{\sin h - \sin \delta \sin \varphi}{\cos \delta \cos \varphi} = 16h 0m 40s$

Obtención de la hora (t). Se sabe la altura $h = 30^\circ$ en la tarde y el acimut $A = 100^\circ$ desde el Norte.; $Az = 79^\circ$. Seguimos operando en la misma latitud y el mismo día por lo que no repetiremos el ejemplo anterior. Observamos que una vez colocada la flecha en la latitud de Madrid el paralelo de las alturas 30° corta al acimut 79° en un punto que cae sobre el círculo de las 8h AM y 4 PM

Comprobación: $Tg t = \frac{\sin A}{\sin \delta \cos \varphi - \sin \varphi \cos A} = 1.78 = 60.71: 15^\circ = 4.04h = 4h 02 m 50s$.

c) Obtención de la hora (t). Si se da los datos del Acimut $A = 101^\circ$ y la declinación $\delta = 11.46^\circ$ (21 de Abril). En la condición de trabajo del Girasol, observamos que la línea de declinación 11.46° corta al Acimut $Az = 79^\circ$ ($A = 101^\circ$) en un punto que está sobre la línea horaria de las 8 A M y 4 P M.

Comprobación: $tg \psi = \frac{\cotg A}{\sin \varphi} = -0.27$; $\psi = -15.22$; $\cos(t - \psi) = \frac{tg \delta \cos \varphi}{\cotg \varphi} = 0.23$; $t - \psi = 76.71^\circ$ y $t = 76.71 - 15.22 = 61.49$; $15^\circ = 4.09h = 4h 0m 58s$.

d) Obtención de la altura (h). Se sabe la hora $t = 4 h P M$ y el día 21 Abril $\delta = 11.46^\circ$ Si se sigue la línea de declinación donde corta a la hora 4h PM y 8 A M lo hace en el paralelo de la almuncantarada de $h = 30^\circ$.

Comprobación $\sin h = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos t = 0.5$ y $h = 30.12^\circ$

e) Obtención de la altura (h) Conocemos la hora $t = 60^\circ$ (4h P M) y el acimut $A = 101^\circ$. $Az = 79^\circ$. Si se mira donde la hora 4h P M corta al acimut 79° vemos que lo hace en un punto que está sobre la almuncantarada $h = 30^\circ$.

Comprobación $tg h = \frac{\sin \varphi \cos A + \sin A \cotg t}{\cos \varphi} = 0.59$ y $h = 30.02^\circ$

f) Hallar la altura del Sol (h) Conociendo el acimut $Az = 79^\circ$ y la declinación $\delta = 11.46^\circ$. Si estando previamente puesta la latitud del lugar de la determinación, como en todos los ejemplos anteriores, seguimos con la vista la línea de declinación que corresponde al 21 de Abril corta al acimut 79° en un punto que cae en la almuncantarada de $h = 30^\circ$

Comprobación $tg \psi = \frac{\cos A}{tg \varphi} = -0.2$; $\psi = -11.53^\circ$; $\sin(h + \psi) = \frac{\sin \delta \cos \varphi}{\sin \varphi} = 0.3$; $h + \psi = 17.47$; $t = 17.47 + 11.53 = 29.9^\circ$

g) Nos interesa conocer la (δ) del Sol o lo que lo mismo, en qué fecha se cumplirá que el Sol esté en una hora determinada $t = 60^\circ = 4h PM$, con un acimut de $Az = 79^\circ$. Si el Girasol está en posición de trabajo, miraremos donde la hora 8 A M y 4 PM cortan al Acimut 79° . El punto obtenido está sobre la declinación 11.46° que corresponde al 21 de Abril.

Comprobación: $tg \delta = \frac{\sin \varphi \cos t + \sin t \cotg A}{\cos \varphi} = 0.22$; $\delta = 11^\circ 28'$

h) Averiguar la declinación (δ) conociendo el acimut $Az = 79^\circ$ y la altura $h = 30^\circ$. Previamente como en ejemplos anteriores, se mira donde el círculo de altura $h = 30$ cruza con el acimut $Az = 79^\circ$ Ese punto cae encima de la declinación 11.46 que corresponde al 21 de Abril.

Comprobación: $\sin \delta = \frac{\sin \varphi \sin h - \cos \varphi \cosh \cos A}{\cosh} = 0.2$; $\delta = 11^\circ 28'$

i) Se desea conocer la declinación (δ) cuando los datos conocidos son $t = 60^\circ = 4 h PM$ y la altura $h = 30^\circ$ Mirar donde se cruza la altura 30° con la hora 4h PM .El punto de cruce está debajo de la línea de declinación del 21 de Abril.

Comprobación $tg \psi = \frac{\cos t}{tg \varphi} = 0.58$; $\psi = 30.43$; $\sin(\delta + \psi) = \frac{\sin h \cos \varphi}{\sin \varphi} = 0.665$; $\delta + \psi = 41.69$; $\delta = 41.69 - 30.43 = 11.26^\circ$.

j) Se tiene interés en conocer el Acimut (Az) sabiendo la hora $t = 60^\circ$ (4h PM) y la declinación $\delta = 11.46^\circ$ (21 de Abril) Seguir con la vista la línea de declinación del 21 de Abril hasta que se cruce con la hora 4h PM el punto de cruce está encima del acimut 79°

Comprobación $ctg A = \frac{tg \delta \cos \varphi - \sin \varphi \cos t}{\sin t} = -5.1$ y $Az = 78.91^\circ$

k) Sabiendo $h = 30^\circ$ y $\delta = 11.46^\circ$ ¿Cuál es el acimut (Az) ? Seguir con la vista la línea de declinación hasta que se cruce con la línea de altura $h = 30^\circ$; el punto de cruce cae sobre el acimut $Az = 79.04^\circ$.

Comprobación $\cos A = \frac{\sin \delta - \sin \phi \sin h}{\cos \phi \cos h} = -0.19$; $A = 100.9^\circ$ Y $Az = 180 - 100.9 = 79.04^\circ$

l) Se pretende saber el acimut (Az) si se dan como datos conocidos la hora $t = 60^\circ$ (4h PM) y la altura $h = 30^\circ$. Donde se cruza la línea de altura de 30° con la hora $t = 4h$ PM está sobre el acimut 79°
Comprobación : $\tan \psi = \frac{\tan t}{\sin \phi} = 0.89$; $\psi = 41.69^\circ$; $\cos(A - \psi) = \cos \psi \tan h / \tan \phi = 0.5$; $A - \psi = 59.56^\circ$
y $A = 59.56 + 41.69 = 101.25^\circ$ y $Az = 180 - 101.25 = 78.74^\circ$.

Hay una pequeña diferencia entre los datos obtenidos por el Girasol, admisibles por la naturaleza intrínseca del instrumento, ya que a los déficit mecánicos se agrega fundamentalmente el factor individual en la interpolación, que hace que se cometan errores en la lectura, pequeños, en efecto, pero lo suficientes para que luego la calculadora, con sus doce dígitos, sea capaz de detectarlos y multiplicarlos. No obstante hemos resuelto los 12 problemas clásicos de la trigonometría esférica del triángulo de posición con una aproximación suficiente para los menesteres a que se destina (Actualmente existen programas para las computadoras, muy exactos)

Existen todavía ciertos problemas ligados a momentos específicos en los que las fórmulas se simplifican notablemente como son:

m) Hora del Orto para ese día 21 de Abril y en la misma latitud Madrid. Si seguimos la línea de declinación 11.46° (21 de Abril) hasta que sea cortada por la horizontal (horizonte de Madrid) $h = 0^\circ$ vemos que lo hace hacia la 5h. 25m AM.

Comprobación $\cos t = -\frac{\tan \delta}{\tan \phi} = -0.17$; $t = 99.93^\circ$; $t/15^\circ = 6.66$ h; Orto = $12 - 6.66$ h = 5.33 h. = 5h 20m

n) Y el Ocaso ¿a qué hora se verifica? ¿Cuál es la duración del día 21 de Abril? Según el corte de la línea de declinación 11.46° con la línea horizontal (horizonte de Madrid) se establece en el punto 18h 35m.

Comprobación Ocaso $12h + 6.66$ h = 18.66 h = 18h 39m'36s La duración del día será la diferencia entre la hora del ocaso y la hora del Orto = 13h 10m según el Girasol y según el cálculo en 6.66 h * 2 = 13.32h = 13h 19m.

n) ¿Cuál es el acimut en el momento del Orto? El punto donde corta la línea horizontal (horizonte de Madrid) a la línea de declinación 11.46° es $Az = 104^\circ$.

Comprobación $\cos Az = -\frac{\sin \delta}{\cos \phi} = -0.26$; $Az = 105.1^\circ$

o) Para planificar una orientación estando destacados en un lugar de latitud 40.4° N (Madrid) y habiendo pasado el momento del mediodía, nos interesa orientar un cuadrante solar hacia el Oeste .El día sigue siendo el 21 de Abril. ¿Es posible?

Si seguimos la línea de declinación hasta que corte al acimut 90° vemos que lo hace a las 17h 03m, momento en el que el Sol está sobre el Oeste.

Comprobación $\cos t = \frac{\tan \delta}{\tan \phi} = 0.23$; $t = 76.21^\circ / 15^\circ = 5.08$ h = 5h 04m 52s PM.

p) Por otras circunstancias también nos interesa saber la altura del Sol en ese instante. Si nos fijamos en esa hora, el punto de cruce cae sobre la almucantarada $h = 18^\circ$.

Comprobación: $\sin h = \sin \delta / \sin \phi = 0.3$; $h = 17.85^\circ$

q) Es de interés conocer la altura máxima del Sol en esa latitud y en ese día. Si se sigue la línea de declinación hasta el borde exterior de la circunferencia por la parte izquierda, cuando cruza la hora de las 12h, lo hace en un punto, que en la corona exterior marca los 61° .

Comprobación $h_{\max} = (90^\circ - \phi) + \delta = 61.06^\circ = 61^\circ 03' 3''$

r) Si se conoce la altura máxima en el momento de culminar el Sol, cuando este está pasando por nuestro meridiano $h_{\max} = 61^\circ$ y el día 21 de Abril ($\delta = 11.46^\circ$) ¿Seríamos capaces de saber con el Girasol en qué latitud nos encontramos?. Es el clásico problema que tenían que resolver los navegantes en tiempos de los grandes descubrimientos. Se llevará la línea de declinación 21/4 hasta enfrentarse con la

graduación 61° en la escala exterior del cuadrante superior izquierdo. Automáticamente la flecha **Lat** estará señalando la división 40.5° en la escala de las latitudes

Comprobación: $h_{\max} = (90 - \varphi) + \delta$; luego $\varphi = 90 - h_{\max} + \delta$; $\varphi = 40,46$

- s) Se puede conocer la posición del sol y su camino a lo largo de toda una jornada lo cual es muy útil para aquellos que quieran construir un reloj solar ya sea de altura o de acimut. En el ejemplo como de costumbre, continua siendo la latitud 40.4° N y la fecha 21 de Abril. Siguiendo la línea de declinación del 21 de Abril y habiendo colocado la flecha **Lat** en la división 40.5° de la escala de las latitudes, se observa:

HORA	12 h.	13 h.	11 h.	14 h.	10 h.	15 h.	9 h.	16 h.	8 h.	17 h.	7 h.	18 h.	6 h.	17 :30 h.	5 :30 h.
h°	61	59		51,5		41		30		19		7		0	
Az°	0	29		52		67		78,5		89		98		104	

Comprobación:

HORA	12 h.	13 h.	11 h.	14 h.	10 h.	15 h.	9 h.	16 h.	8 h.	17 h.	7 h.	18 h.	6 h.	17 :30 h.	5 :30 h.
h°	61,06	57		50,8		41,03		30,2		18,78		7,39		1,7	
Az°	0	28,75		50,86		66,74		78,91		89,20		99,52		105,12	

Como aficionados a la gnomónica tenemos fórmulas que nos permiten dibujar un cuadrante solar con una exactitud muy grande, así como se dispone de programas informáticos de altura y acimut e incluso programas que ya dibujan perfectamente el cuadrante que se intenta calcular. Si se ha expuesto es para ver las posibilidades que tiene el Girasol.

RELOJ DE ALTURA UNIVERSAL

Como se ha comentado al principio, esta creación de la escuela de Nantes estaba destinada a saber la altura y acimut para una hora determinada, por motivos de insolación, para el aprovechamiento lumínico y calórico de los edificios, en diferentes latitudes, lo que hace innecesario la alidada para la toma de la altura solar, aunque su utilización esté limitada a los días de entrada del Sol en los signos zodiacales, cuestión también intrascendente para los fines a que está destinado, siendo para los arquitectos un instrumento de mucha utilidad..

Solo le resta conocer la hora solar que la obtendrán partiendo del tiempo universal y haciendo las correcciones de la longitud, ecuación del tiempo, huso horario y si es verano o invierno

Se hace la observación que a diferencia de las diferentes proyecciones de la esfera conocidas, la hora de las XII cae a la izquierda y la de las 0h a la derecha, licencia que no altera para nada el buen funcionamiento..

Como gnomonistas nuestra filosofía es completamente diferente y lo que se pretende es conocer la hora utilizando la altura del Sol, por lo que se echa de menos la existencia de un sistema para su obtención, así como la carencia de otras declinaciones correspondientes a unos 10 días de intervalo, para poder conseguir la hora otros días además de los días del Zodiaco.

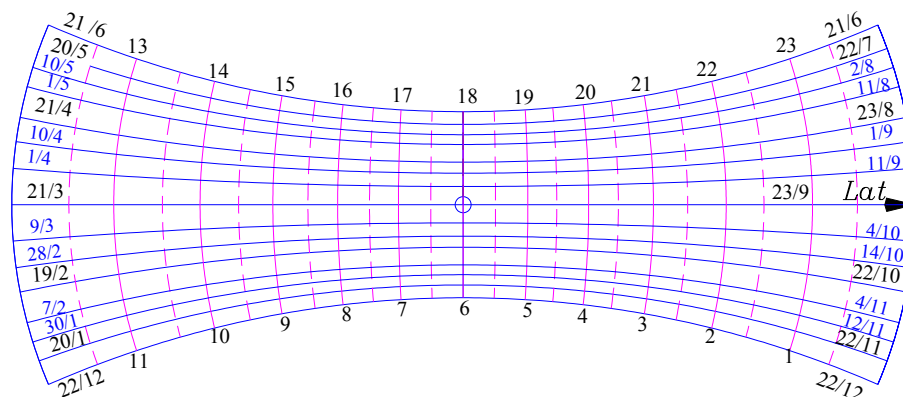
Para obtener la altura solar se ha dispuesto de un gnomon y un perpendicular.

El gnomon es perpendicular a la faz del Girasol y se ubica en el extremo externo izquierdo de la línea horizontal, que representa el horizonte, y que al enfilar al Sol, proyectará una sombra que debe hacerse coincidir con la línea horizontal

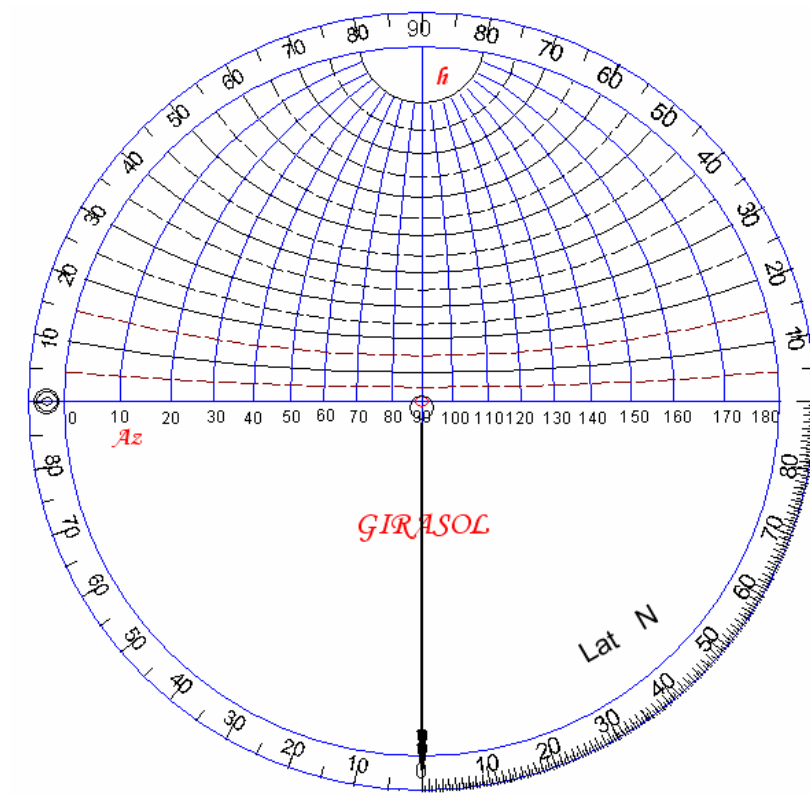
El perpendicular suspendido del centro del círculo del girasol, marcando siempre la vertical., marcará sobre la escala de las latitudes (ahora transformada en escala de alturas) la altura solar h, cuando la sombra del gnomon se haga coincidir con la línea del horizonte.

También se han calculado las declinaciones intermedias entre los signos zodiacales, exceptuando los meses de Junio y Diciembre, con objeto de facilitar la interpolación.

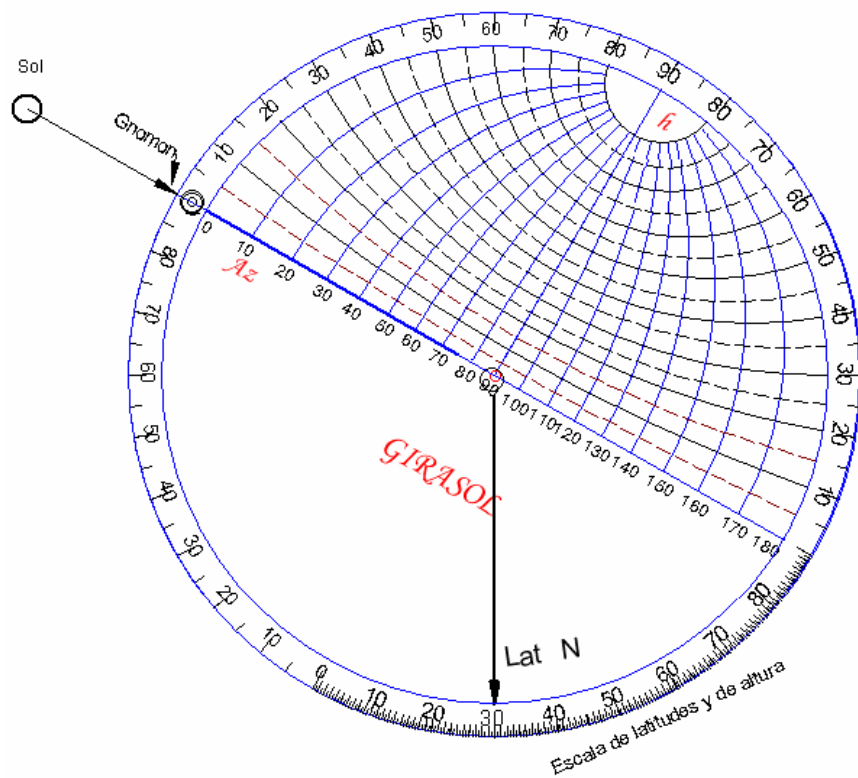
Con estos aditamentos el Girasol se convierte en un reloj solar de altura, con carácter universal, resolviendo mediante la conversión de coordenadas los 12 problemas clásicos del triángulo de posición, aparte de brindarnos una información astronómica interesante.



Declinaciones solares



Obtención de la altura solar



CILINDRO VERTICAL ORTOMERIDIANO

Por Joan Serra Busquets

Dentro de la serie de relojes solares contruidos en cilindros vamos a exponer hoy un método sencillo para la construcción de un cuadrante solar sobre la superficie de un cilindro vertical ortomeridano con gnomon polar.

En el libro de Rafael Soler Gayà, *Diseño y construcción de Relojes de sol y de Luna*, se explica el método analítico para calcular este tipo de relojes y también en la revista *Analema* nº 19 el autor Jesús de la Calle expone en un breve artículo titulado *Reloj de sol sobre un cilindro vertical*, dando las fórmulas e incluso un breve código Basic para poder calcularlo con facilidad. Francesc Clarà publicó también en la edición nº 14 de *Carpe Diem* un artículo titulado *Reloj cilíndrico vertical*, donde explica de forma clara la construcción de una maqueta de este tipo. Sin embargo, a pesar de la claridad en la exposición de los métodos, este tipo de cuadrantes pueden entrañar cierta dificultad para los neófitos, por lo que en este artículo se describe como trazar gráficamente estos relojes complementado con un sencillo método analítico..

No hay mucha literatura sobre este tipo de trazados y, el libro que he encontrado que le dedica más atención a ellos es el de Joseph Mollet titulado *Gnomonique Graphique ou méthode simple et facile pour tracer les cadrans solaires...*, publicado en 1837.

Mi escaso conocimiento del francés y por ende una defectuosa traducción literal, han podido ser la causa de que algunos puntos del método de Mollet me hayan parecido enrevesados o complicados para intentar explicar un procedimiento que, desde mi punto de vista, se puede simplificar.

Inspirado por tanto en este método y simplificándolo, expongo a continuación la manera de diseñar gráficamente este tipo de cuadrantes.

Antes de empezar hay que tener en cuenta algunas consideraciones y particularidades de un cilindro recto vertical.

El gnomon, paralelo al eje del mundo como es de rigor, puede atravesar el cilindro o no. En el primer caso podremos dibujar dos cuadrantes, uno en el Sur y otro en el Norte.

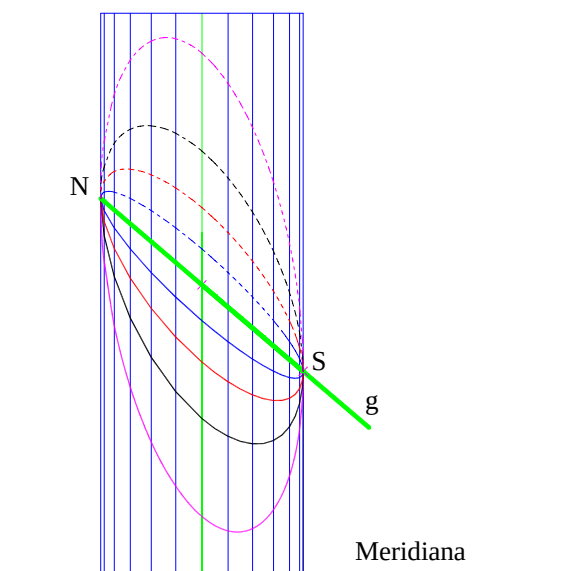


Fig. 1

Suponiendo el cilindro atravesado por el gnomon es fácil ver que la única línea horaria que proyectada sobre la superficie cilíndrica será una recta vertical va a ser la línea de las 12 que coincidirá con la generatriz orientada exactamente al Sur y que junto con la opuesta y paralela del Norte definen el plano meridiano, y esto es así porque el plano horario de las 12 es el único que es vertical y que, los demás, al ser oblicuos, cortarán al cilindro de manera que sus intersecciones serán elipses más o menos alargadas.

Todos estos planos se encuentran con la superficie cilíndrica en dos puntos que son precisamente los de entrada y salida del gnomon **S-N**, siendo precisamente el gnomon una recta común a todos estos planos horarios. Fig. 1.

Se trata pues de dibujar estas elipses horarias sobre el cilindro para pasarlas posteriormente sobre el plano que represente el cilindro desarrollado.

Se dibuja un plano vertical que pasa por el eje del cilindro y perpendicular al meridiano. Sobre este plano se dibujará un cuadrante vertical orientado corriente para la latitud del lugar y cuyo polo P' será el punto de prolongación del gnomon g en el eje del cilindro que habrá entrado por el punto P . En el caso de que interese la construcción de un reloj septentrional prolongaremos el gnomon hasta que sobresalga por P'' .

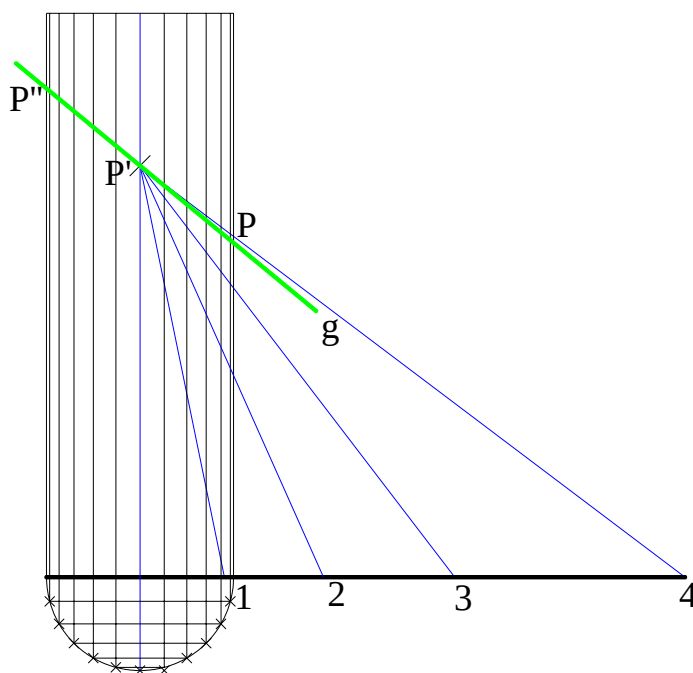


Fig. 2

Construido el cuadrante vertical, (que al ser las líneas horarias simétricas es suficiente calcular una sola mitad), se prolongarán las líneas horarias hasta alcanzar el plano horizontal de la base del cilindro. Desde el punto en que la meridiana corta la horizontal se traza una semicircunferencia de radio el del cilindro que representa, en el plano horizontal, la base de la mitad anterior del cilindro. Cada uno de los infinitos puntos de esta semicircunferencia es el origen de las infinitas generatrices que pueden ser trazadas verticalmente sobre el cilindro.

Para ello, dividimos la semicircunferencia en un número cualquiera de partes, (en este caso la hemos dividido en doce partes), mediante paralelas a la recta común horizontal. Desde los puntos en que estas paralelas cortan el círculo elevaremos sendas verticales que serán las generatrices correspondientes a los distintos planos verticales que desde el plano que pasa por el eje del cilindro cubren toda la mitad anterior del mismo. Estos distintos planos están todos delimitados por dos generatrices paralelas y simétricas. Una vez trazados estos planos verticales hay que hallar los puntos en que estos se encuentran con los distintos planos horarios.

Para claridad del dibujo explicativo nos limitaremos a explicar el procedimiento para la línea horaria de las 2 entendiendo que para todas las demás se procederá del mismo modo. Se elimina también la mitad izquierda del cilindro para mejor entendimiento.

Al entrar el gnomon (en la figura 3, abatido) por el punto P y atravesar el cilindro hasta su eje en P_6 , va cortando los distintos planos a alturas diferentes. El punto P se proyecta sobre el eje en P' siendo esta la diferencia de altura entre P y P_6 . Sucesivamente, los puntos P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 vistos de perfil se proyectarán sobre el eje en la vista de frente en $P'_1, P'_2, P'_3, P'_4, P'_5$.

Desde estos últimos puntos se tirarán rectas paralelas a la línea horaria de las 2 hasta alcanzar cada una su respectiva generatriz. Señalando estas intersecciones y uniéndolas con una curva obtendremos la línea horaria sobre el cilindro sin desarrollar.

Para dibujarla tal como de ser, se desarrolla el cilindro y se divide el plano en generatrices espaciadas 15° tal como estaban en el cilindro sin desarrollar, pasando posteriormente punto por punto sobre las nuevas

generatrices los mismos puntos hallados anteriormente. Uniremos con una curva estos puntos y tendremos la línea horaria de las 2.

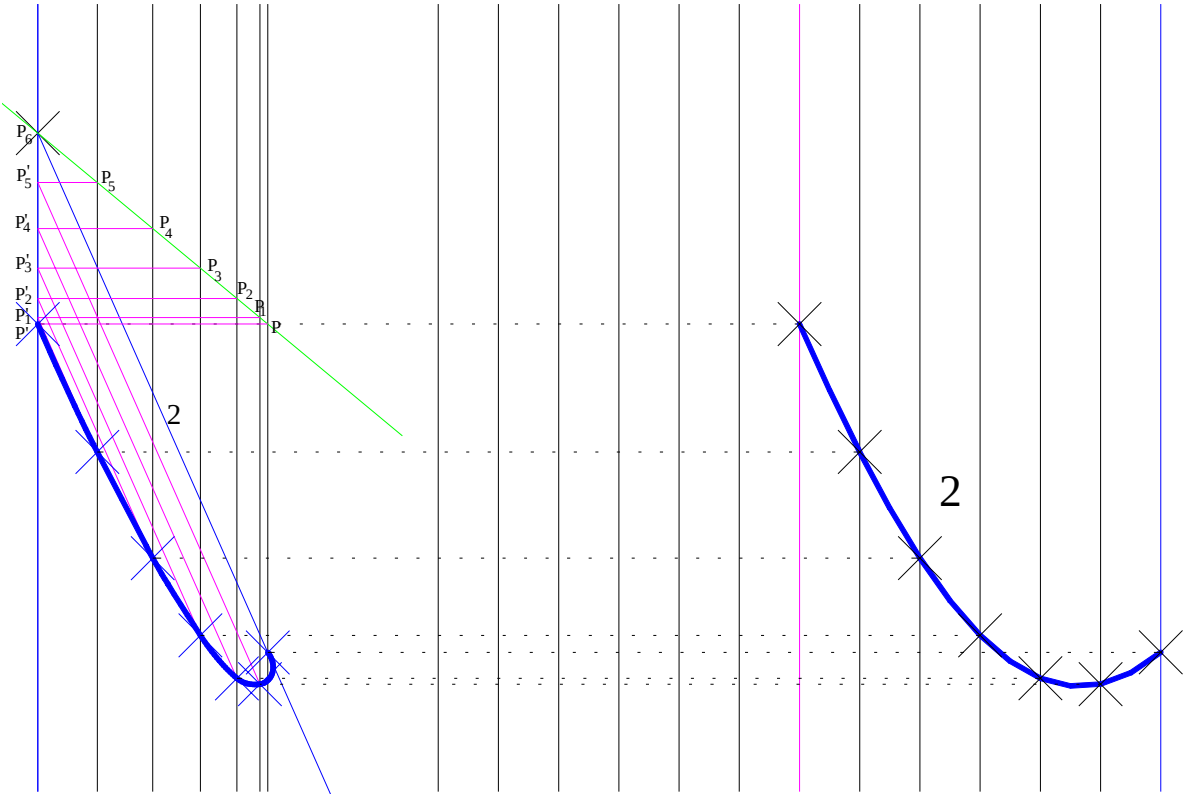


Fig. 3

Siguiendo el mismo procedimiento para las demás líneas horarias obtendremos un resultado parecido al de la figura 4_1, en el cilindro sin desarrollar y a la figura 4_2 desarrollado.

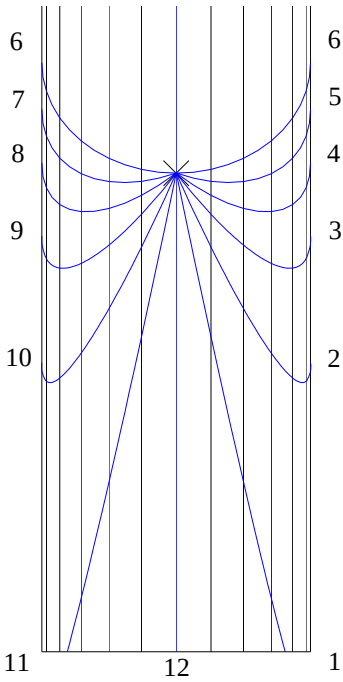


Fig. 4_1

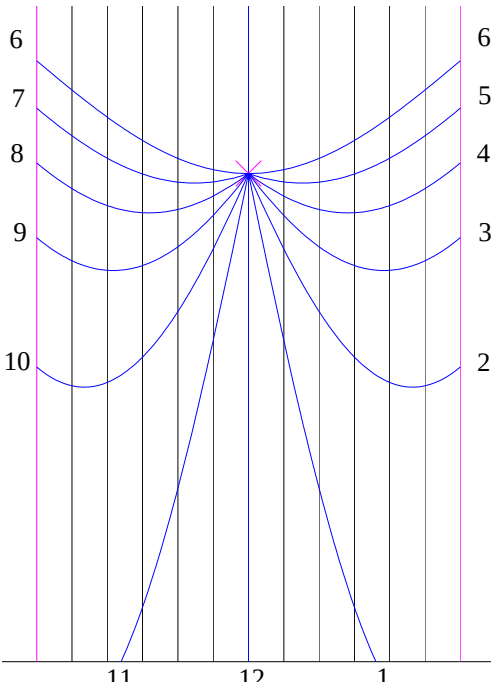


Fig. 4_2

Método analítico

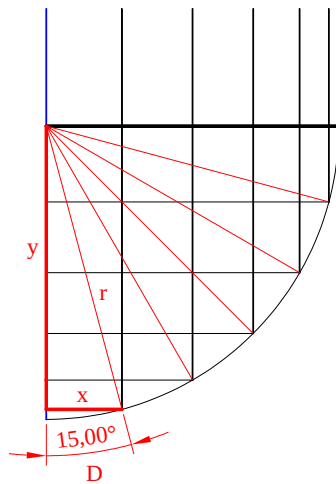


Fig. 5

En la figura 2 dibujábamos una semicircunferencia que dividíamos en seis partes (aunque decíamos que pueden ser cualesquiera).

En la figura 5 vemos estas divisiones hechas cada 15° y que a cada división le llamamos D. Tenemos pues que:

$$x = \text{seno } D \cdot r$$

$$y = \text{cos } D \cdot r$$

Otra fórmula que necesitamos es la del cuadrante vertical orientado, que como es sabido es:

$$\tan \iota = \cos \varphi \cdot \tan \varepsilon$$

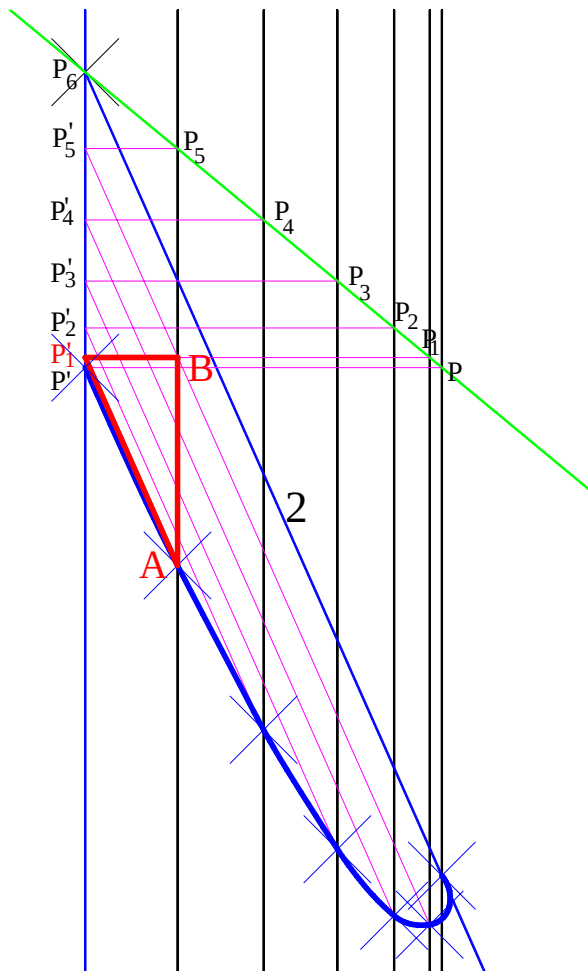


Fig. 6

Recuperamos parte de la figura 3 para ver en detalle los triángulos que se forman y de los cuales deduciremos la fórmula correspondiente. Figura 6.

Sea la figura de la izquierda donde se ve la línea horaria de las 2 y un punto A cualquiera de ella. Para determinar su posición necesitamos conocer su altura, negativa en este caso, respecto de P₆ que es el punto 0,0 origen de las coordenadas, y su distancia horizontal respecto al eje vertical de 0,0, es decir, su abscisa.

En primer lugar tenemos el triángulo ABP'₁ rectángulo en B, cuya cateto P'₁B es igual al $\text{seno } D \cdot r = x$.

El ángulo P'₁AB es igual al de la línea horaria del reloj vertical normal por lo que:

$$P'_1AB = \tan \iota = \cos \varphi \cdot \tan \varepsilon$$

Y la distancia $AB = x / \text{Atan } \iota$

Distancia que variará para cada plano vertical. Con este resultado tenemos ya la distancia vertical entre el punto de inserción del gnomon de este plano y el punto buscado de la línea horaria en el mismo.

Nos falta ahora buscar la distancia vertical desde el punto de inserción del gnomon en el plano en cuestión y el punto origen del gnomon 0,0 o P₆ en el plano del eje del cilindro.

Para ello nos serviremos del otro triángulo $P_1P'_1P_6$ rectángulo en P'_1 en el que conocemos el ángulo en P_1 que es igual a la latitud y conocemos también el cateto $P_1P'_1$ que es igual al ángulo complementario de D $= \cos D \cdot r = y$, por lo que:

$$P_6P'_1 = \tan \varphi * y$$

Esta distancia hay que sumarla a la anterior para obtener z , que es la distancia buscada. Siendo por tanto las coordenadas del punto:

$$x = r \cdot \sin D$$

$$z = x / \tan \tau + \tan \varphi * y$$

Cuyo origen de estas coordenadas es el punto P_6 .

Se repetirá el mismo cálculo para todas las demás líneas horarias cambiando en cada caso el valor de D y del ángulo horario ϵ .

Estas son las coordenadas sobre el cilindro sin desarrollar tal y como se hizo con el método gráfico. Para desarrollarlas basta aplicar una pequeña transformación en la x de las coordenadas anteriores.

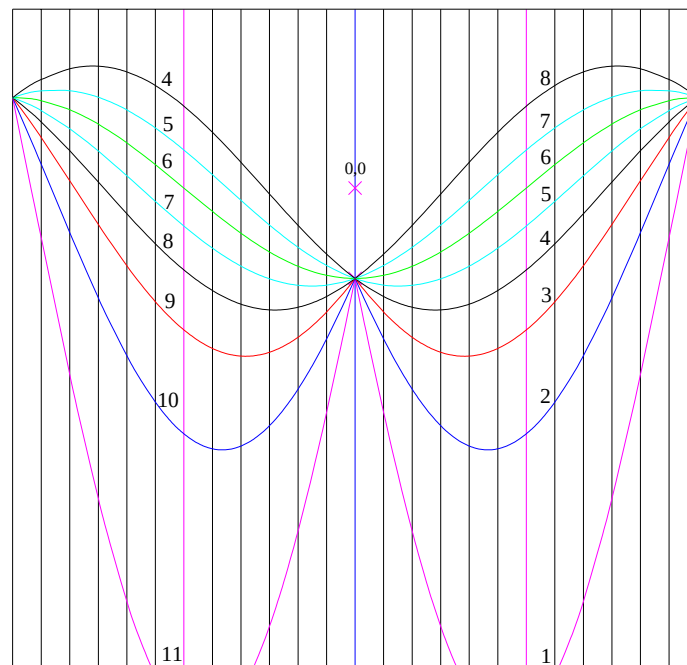
Al desarrollar el cilindro se conservarán las alturas z por lo que esta fórmula no varía. La que varía es la x al desarrollar la D correspondiente a cada plano vertical siendo este resultado la nueva x' . Podemos escribir así las nuevas coordenadas:

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

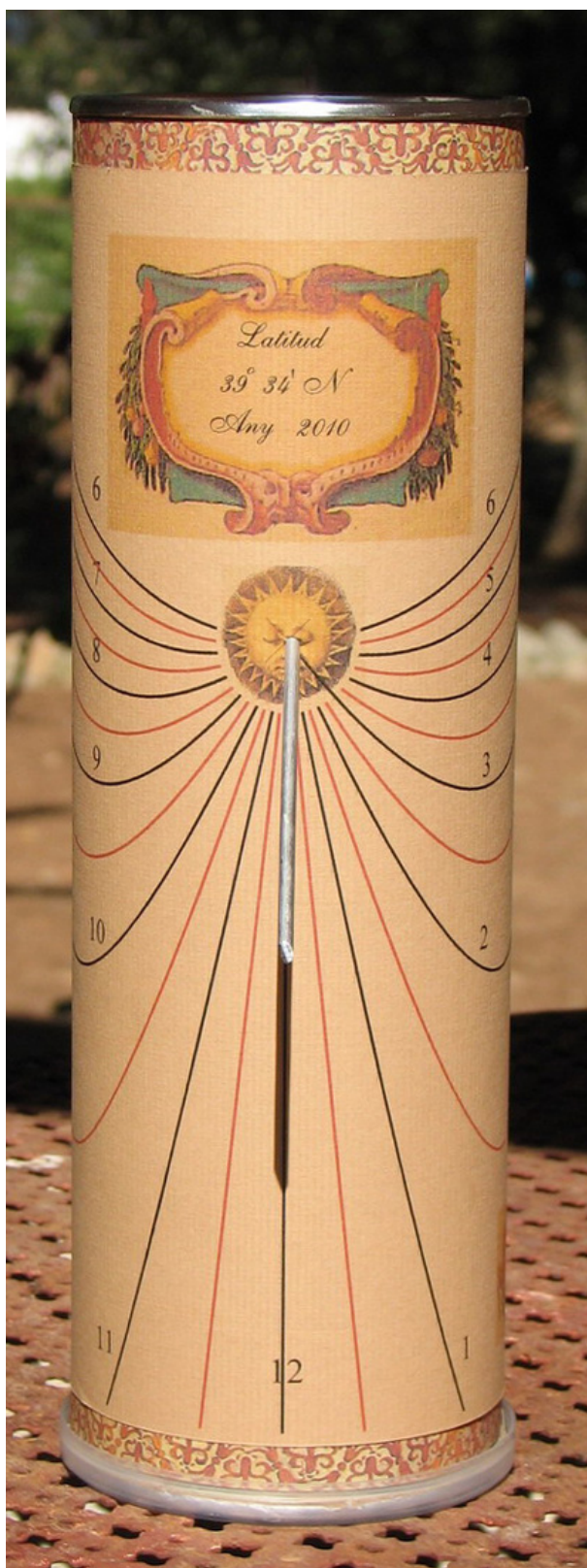
$$z = x' / \tan \tau + \tan \varphi * y$$

De esta forma quedarán desarrolladas las horas horarias en sus debidas posiciones quedando los dibujos como los de las figuras 4_1 y 4_2.

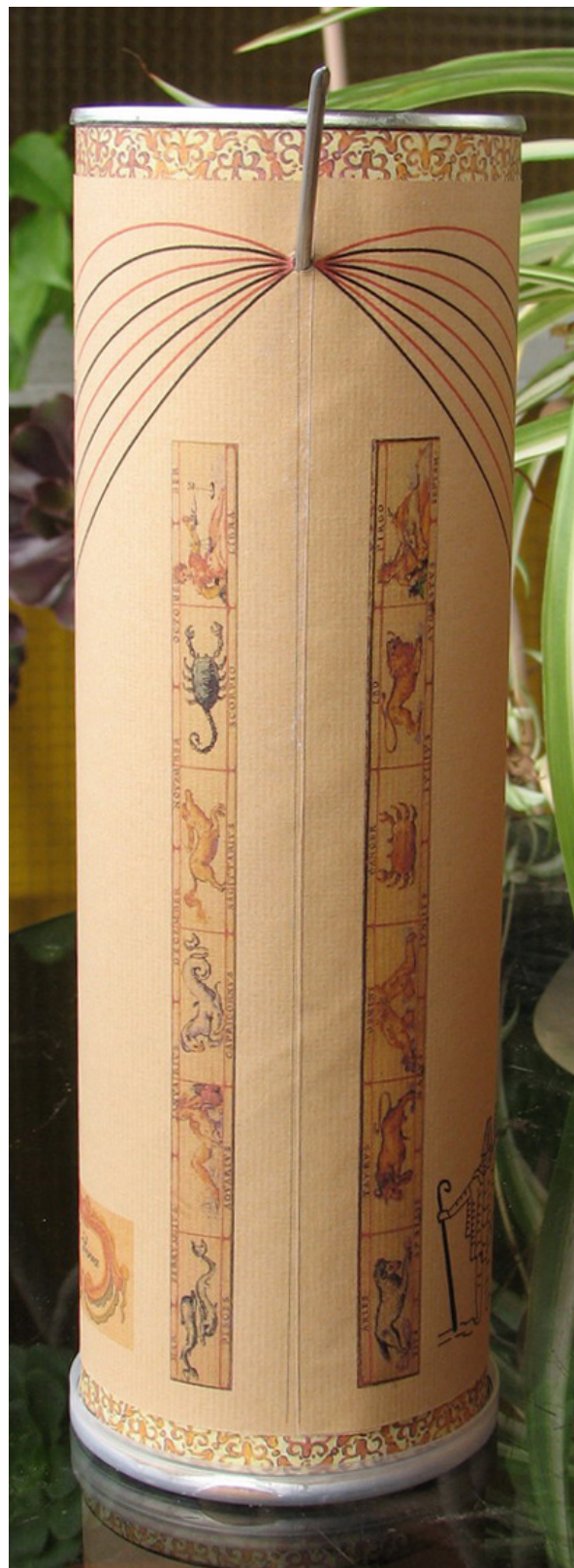
Si al calcular las líneas horarias se calculan todos los valores de D , de 0° a 180° obtendremos las elipses enteras y por tanto dos cuadrantes, uno meridional y otro septentrional.



Sólo queda recordar que en virtud de la correspondencia que existe entre un reloj vertical ortomeridiano y un horizontal, si calculamos mediante uno u otro método, un reloj para la latitud complementaria obtendremos el reloj horizontal para nuestra latitud, teniendo la precaución de invertir el orden de las horas.



Cara Sur



Cara Norte



Nótese como la sombra de las 2 es obligada a seguir la curvatura de la elipse horaria.

© Joan Serra Busquets, 2010

INVENTARIO DE RELOJES DE SOL DE LA DIÓCESIS DE VITORIA (XV)

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

12.- RELOJES DE FINALES DEL XIX Y PRINCIPIOS DEL XX

Los ejemplares que se describen a continuación confirman el escaso interés de las gentes, parroquias y ayuntamientos alaveses por los relojes de sol a partir del primer cuarto del siglo XIX. A partir de 1817, sólo los vamos a encontrar ubicados en edificios civiles. Los dos únicos ejemplares instalados recientemente en iglesias (LABRAZA, VÍLLODAS) son obra de iniciativa privada.

Los relojes públicos vitorianos se “arreglaban” con la hora del telégrafo desde mediados del siglo XIX. En los pueblos para poner en hora el reloj de torre que por cualquier motivo se detenía, el sacristán se servía de algún otro reloj existente en el mismo lugar (reloj de sacristía, palacio rural, relojes de bolsillo de particulares, etc...), o se utilizaba como referencia el reloj de la torre de la iglesia de algún pueblo cercano. Pregúntese a cualquier persona mayor de cuántos pueblos situados alrededor del suyo se oían las campanas. Las campanadas de los relojes de torre de Vitoria, por ejemplo, dicen que se oían desde la cuarentena larga de aldeas que pertenecen a su jurisdicción.

Los cuadrantes solares clasificados en este grupo recuerdan los modelos y trazas de los ejemplares del segundo periodo: semicirculares y radiales en junta, trazas de sectores iguales y de meridiana desviada, varillas horizontales... No están construidos por especialistas, perpetúan el modelo popular hasta mediados el siglo XX.

BERANTEVILLA. (Calle Mayor nº 23) Semicircular en junta. Estuvo pintado de negro. Numeración romana desaparecida. Varilla horizontal.

LAGUARDIA (Iglesia de San Juan). Circular grabado en madera. MC. Varilla horizontal con el extremo doblado hacia arriba.

LLANTENO (Inorza auzoa) Pareja de relojes radiales grabados y pintados: vertical declinante a levante y vertical declinante a poniente. Numeración arábiga. Ambos conservan la varilla.

NARVAJA (Caserío Beltrán). Circular en relieve de borde en arista. Traza pintada de negro desaparecida. Varilla horizontal desaparecida.

NAVARIDAS. Semicircular pintado sobre un cuadrado lucido. MC. Traza pintada en negro. Horas en números romanos. Varilla de un solo apoyo, terminada en punta de flecha y mal orientada.

TREVIÑO 1. Semicircular en junta de sillar. Líneas horarias y fechas de las horas desaparecidas. Estuvo pintado. Varilla polar.

TREVIÑO 2. Semicircular en junta de sillar. Líneas horarias grabadas con trazo muy fino. Restos de pintura negra.

BERANTEVILLA. Zona X

Casa de mediados del XIX en calle Mayor nº 23.
Semicircular en junta de sillar.
Localizado por Antonio Rivera Ontañón.



En el dintel de la ventana izquierda de la 1ª planta.

Semicircular. Tuvo las líneas y las cifras pintadas.

Semicircular en junta de tres sillares, con corona semicircular para las horas. El semicírculo exterior está doblemente trazado.

Todavía conserva algunos rastros de color negro de pintura con la que estuvieron repasadas las líneas horarias y las cifras romanas de las horas que aún eran visibles hace 50 o 60 años. Las personas mayores del pueblo lo recuerdan pintado. Varilla horizontal.

LAGUARDIA. Zona I

Iglesia de San Juan.
Circular. MC. Varilla horizontal (ca. 1930).

Situado en la fachada sur de la capilla de la Virgen del Pilar, sujeto al muro con dos tornillos con sus correspondientes tuercas. Nos referimos a él como “el reloj del tonel” porque parece estar construido a ojo de buen cubero, cosa nada extraña pues abundaban los artesanos del citado oficio en la zona. José, el vecino que vive en la casa de enfrente, recuerda que lo construyó un forastero unos años antes de la guerra.



San Juan. El reloj oculto tras la acacia.



El “reloj del tonel”. MC. Varilla horizontal.

Mal calculado: el muro declina a levante. La varilla es vertical y tiene el extremo doblado hacia arriba. Tuvo numeración romana: todavía se leen las cifras de las III. Es el único ejemplar inventariado grabado en madera situado en los muros de una iglesia de la Diócesis de Vitoria. La punta de la varilla del reloj canónico de la portada románica de la misma iglesia también mira al cielo. El constructor del reloj de madera le puso varilla nueva al reloj medieval o copió la que éste último tenía.

En la torre de la iglesia del cercano pueblo de **Briones**, comunidad de La Rioja, hay otro ejemplar grabado en el mismo material. Se trata de un reloj rectangular horizontal de traza vertical a mediodía, de mediados del siglo XVIII, situado a gran altura y enmarcado en moldura de piedra. La misma moldura se repite en el reloj de la ermita de la Virgen de la Plaza de Elciego.



Briones. Reloj de madera. VM.



La torre barroca.

En la foto vemos la situación del reloj de madera en el primer cuerpo de la torre barroca de la iglesia de la Asunción de Briones. Lo restauraron no hace mucho y tuvieron la consideración de conservar el reloj viejo que se puede ver en el interior de la iglesia, colgado en el muro de la última capilla del lado del Evangelio..



Briones. El reloj viejo conservado en el interior de la iglesia.

En **San Vicente de la Sonsierra** encontramos otro reloj construido en madera. Es rectangular, está orientado y se ubica en el frontón de la portada de una casona de la plaza Mayor.

L LANTENO. Zona VI

Casona de los Gorbea.

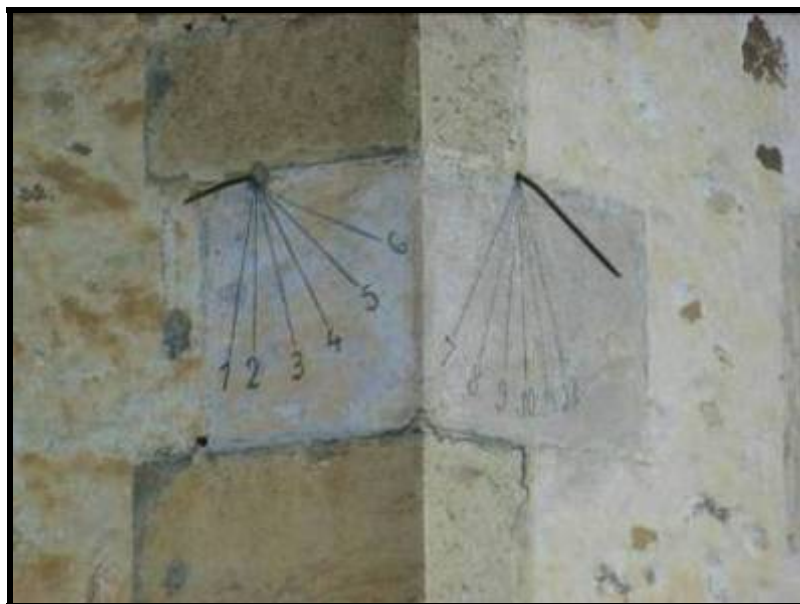
Pareja de relojes. Localizados por Julen Egia.

Radial en junta de sillar. Vertical declinante a levante MC.

Radial en junta de sillar. Vertical declinante a poniente. MC.



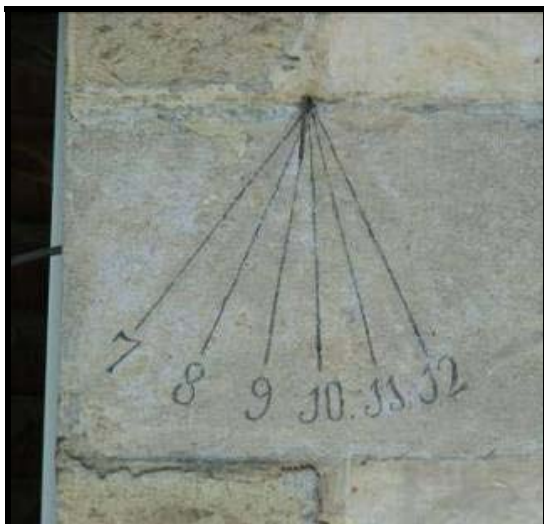
Casa solariega de los Gorbea en el barrio de Inorza.



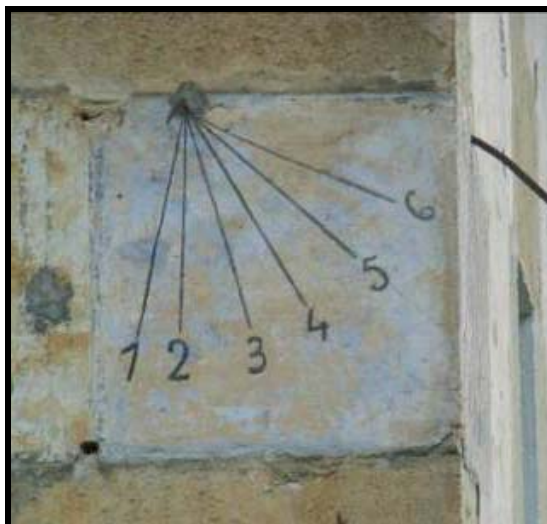
Los dos relojes en el sillar de la esquina.

La casa está situada en el barrio Inorza. Viniendo de Amurrio hay que coger un desvío a la derecha al llegar al pueblo.

La pareja de relojes está construida aprovechando las dos caras de un sillar de la esquina izquierda de la fachada principal de la casa a la altura de la segunda planta. Ambas caras presentan restos de enjalbegado en el plano y de una línea negra en el marco que recorría todo el perímetro de las caras del sillar.



Reloj 1. Radial en junta. V.declinante a levante 40.



Reloj 2. Radial en junta. V. declinante a poniente 50°

Reloj 1. Radial en junta de sillar de seis líneas horarias pintadas en negro. Números arábigos de 7 de la mañana a 12 del mediodía. Grafía de la cifra 1 “en anzuelo” utilizada en los relojes de sol en la segunda mitad del XIX. Varilla de hierro de un solo apoyo, mal orientada.

Reloj 2. Radial en junta de sillar de seis líneas horarias pintadas en negro. Números arábigos de 1 a 6 de la tarde. Presenta evidentes muestra de una restauración posterior de la traza: la varilla sujeta con cemento, la pintura negra conservada y la grafía de las cifras 1 y 2 alterada. Cifra 4 de grafía abierta. Varilla de hierro de un solo apoyo, mal orientada.

NARVAJA. Zona I (NARBAIXA)

Caserío Beltrán.

Circular en relieve de borde en arista. Trazo desaparecida (ca. 1910).



Fachada sur del caserío Beltrán en la actualidad.



El caserío Beltrán está situado en pleno monte, rodeado de bosque y praderío, a unos dos km al norte del pueblo de Narvaja.

La fecha grabada en la puerta principal del caserío, 1852 (1), puede llevar a confusión. En el cuadro de M. Ortiz de Urbina (2) vemos el caserío Beltrán tal como era el año 1898, pintado desde un altozano situado al sur.

Caserío Beltrán. Óleo de Mauro Ortiz de Urbina pintado en 1898.

Todavía permanecen en pie la enorme abejera junto a los prados y la construcción auxiliar de planta alargada que cierra la explanada delantera por el este, donde Melitón Beltrán, abuelo del propietario, elaboraba vino con uvas traídas en comportones a lomos de mula desde Navarra, sidra con las manzanas de su cosecha, y destilaba aguardiente artesanalmente.

En la fotografía de la página anterior se encuentra en primer plano la ampliación que hizo Melitón Beltrán en el caserío familiar. El canalón que baja entre las dos puertas separa las dos viviendas. La fecha grabada en el dintel de la puerta recuerda el año de construcción del caserío antes de la ampliación.

Melitón Beltrán era un hombre culto. Ignacio Beltrán, su nieto, nos ha contado “que había estudiado para cura durante muchos años” y “que había hecho las Américas y viajado por toda la península”. Cuando nacieron sus dos primeros hijos en los albores del siglo XX, decidió ampliar la vivienda familiar que se había quedado pequeña, respetando sus características constructivas. Él fue quien colocó el reloj de sol en la nueva fachada.



Circular en relieve de borde en arista. Traza desaparecida.

Vitu Palacios describe el cuadrante en la página 675 del Inventario de Arquitectura Rural Alavesa VII - Llanada Alavesa: Asparrena Salvatierra-Agurain y San Millán: *“Un reloj de sol grabado en un sillar circular se luce entre las dos primeras ventanas contadas desde la mano izquierda”*.

Las líneas horarias y las cifras romanas estuvieron en un tiempo pintadas de negro. También se utilizó el almagre que se conserva en el borde del sillar y que ha desteñido coloreando la fachada. La varilla horizontal la perdió hace unos diez años.

(1) J. I. Domínguez escribe sobre este reloj en el artículo titulado Relojes en San Millán (II), publicado en El Correo, el 22 de agosto de 2007:

“Finalizamos nuestro recorrido en Narvaja, localidad agrícola que a principios del siglo XIX introdujo la alfarería, actividad que funcionó hasta 1976. En esta fecha, el último artesano Federico Garmendia dio por terminada su labor allí. En este pueblo, entrando por una carretera que conduce al río Barrundia, llegamos al caserío Beltrán, en el que se hizo una ampliación en 1852. Entonces se colocó un reloj solar, del que queda un disco de piedra arenisca, su soporte horario, así como el orificio de su varilla. Las horas estaban pintadas, pero el paso del tiempo las ha borrado, según nos informa el propietario del caserío, el popular ganadero Ignacio. Pero parece que el reloj va a ser recuperado.”

(2) Mauro Ortiz de Urbina (1882-1936) estudió en la escuela de Artes y Oficios de Vitoria, siendo alumno del pintor Pedro Robles. Al terminar sus estudios fue nombrado profesor en la especialidad de Adorno, sustituyendo a Epifanio Díaz de Arcaute. En 1902 el Ayuntamiento de Vitoria le concede una beca para ampliar sus estudios en Munich. De regreso a España reside un tiempo en Madrid y en San Sebastián. Presentó su obra en varias ocasiones a la nacional de Bellas Artes, obteniendo una medalla honorífica en 1906. Participó en exposiciones colectivas en Tolosa, San Sebastián y Bilbao, entre otros lugares. En 1916 expuso algunas de sus obras en un certamen organizado en el Ateneo de Vitoria. En la revista Arte Español publicó un estudio sobre el Cristo de Velázquez que también se puede encontrar en la Enciclopedia Espasa Calpe. Nombrado profesor de dibujo de la Escuela Normal de Logroño, donde presenta sus obras en una exposición individual en el Salón del Ateneo. Enfermo se trasladó a San Sebastián, donde murió en 1936. Tiene obra en el Museo de Bellas Artes de Álava.

El cuadro del caserío Beltrán lo pintó Mauro Ortiz de Urbina cuando contaba 15 años. Los datos sobre el pintor son un resumen de la información que nos ha facilitado José Luís Sáenz de Ugarte. José Luís Sáenz de Ugarte enmarcó hace unos años el cuadro que hasta entonces había estado separado en dos tablas.

NAVARIDAS. Zona II

En una casa particular, c/ marqués de Estella nº 18
Semicircular. VM.



Navaridas. El reloj situado a la izquierda del farol.



En la fotografía se observa lo poco que ha llegado hasta hoy de un reloj de sol semicircular, pintado en un cuadrado lucido en la pared de la casa, entre el balcón central y el de la izquierda de la segunda planta. Todavía se aprecian las líneas horarias en la zona central del cuadrante y los números romanos de las horas correspondientes -IX, X, XI, XII, I, II y III- escritos en la corona semicircular exterior y pintados de negro.

La varilla termina en punta de flecha y no está bien orientada. Tampoco está situada en

el plano del reloj. Posiblemente la colocaron de la misma manera que la del reloj moderno de la calle del Olmo de Labastida.

José M. Ramírez Martínez lo describe en la página 101 del libro *Relojes de sol en la Rioja*, Logroño, 1991:

EDIFICIO: Casa privada en la calle Marqués de Estella.

FORMA: Cuadrada.

MATERIAL: Base de mortero sobre el muro de sillares.

TIPO DE NUMERACIÓN: Romana pintada en negro sobre superficie blanca.

COBERTURA: Desde las nueve de la mañana a las seis de la tarde.

TIPO DE ESTILO: Varilla de un solo apoyo en forma de lanza.

ESTADO DE CONSERVACIÓN: Regular.

CONSIDERACIONES: Se trata de una obra popular realizada en este siglo.

TREVIÑO. Zona II

Casa del siglo XIX. Calle Mayor nº 18.

Semicircular en junta de sillar. Sin líneas horarias..

Semicircular en junta de sillar. Localizados por Pedro Uribarrena.



Balcón de la segunda planta.

Los dos relojes están grabados en puerta del balcón de la segunda planta, uno en el dintel y el otro en la jamba derecha.



Reloj 1. Semicircular en junta de sillar.

Reloj 1. Sólo queda del reloj la corona semicircular exterior y el agujero de apoyo de la varilla ligeramente desviado hacia la derecha. Ni rastro de líneas horarias. Probablemente estuvo pintado como el reloj de la calle Mayor nº 23, del cercano pueblo de Berantevilla. La junta está cubierta de yeso.



Reloj 2. En la jamba derecha de la puerta del balcón. Semicircular en junta con corona semicircular para escribir las horas. Líneas horarias grabadas con trazo muy fino. Conserva restos de pintura negra.

13.- RELOJES DE SOL DE UNA HORA

En algunos pueblos se utilizaban hasta no hace muchos años elementos naturales para determinar el mediodía: cuevas, peñas, árboles...; a veces la referencia eran los edificios del propio lugar: casas, iglesias, torres... También algunos objetos servían para el mismo menester: la azada del aldeano, la makila del pastor... La información ha sido recogida de boca de personas que a su vez la recibieron de sus mayores por lo que se puede considerar éste un método tradicional de medir el tiempo, no menos exacto que el de los relojes que hemos denominado populares. En las páginas siguientes se relacionan algunos ejemplos:

Aramaio. Algunos pastores calculaban la hora aproximada observando la sombra de la makila colocada verticalmente en el suelo.

Arlucea. “Peña las doce”. Cuando queda en sombra una encina nacida en un abrigo de la escarpada peña que está al sur del pueblo son las doce.

Atauri. “Peña las cinco” “Peña las doce”. Cuando el sol, visto desde el puente del pueblo, se sitúa en la vertical de las peñas mencionadas es la hora solar indicada por su nombre.

Betolaza. Cuando la sombra del alero de la iglesia llega a una piedra que sobresale en el muro este, es mediodía.

Elvillar. En la casa nº 20 de la calle Somillo, a la derecha de la puerta de entrada, actualmente cubierto por el lucido de la fachada, había un círculo con una sola línea vertical pintada en negro que marcaba el mediodía.

Labraza. La línea grabada en el basamento del pilar del arco de entrada al pórtico señala la hora del toque del Ángelus, las doce del mediodía.



Labraza. La línea de las doce en la basa del pilar.

Laguardia. “Peña la sombra”, una gran peña vertical en la sierra de Cantabria, regía las horas hasta mediodía. Las dos de la tarde, la hora de iniciar la faena después de comer, las marcaba la “peña la Rasa”, en el puerto del camino viejo de Pipaón.

Lendoño de Abajo. La boca de la cueva de la peña de Unguino entraba en sombra a las doce del mediodía.



Lendoño de Abajo. La sombra señala las doce.

Luna. “Peña las doce”. Una grieta en la sierra de Arkamo señala el mediodía. En varios pueblos cercanos a Luna, en el mismo valle de Cuartango, también se utilizan puntos de referencia en la sierra de Arkamo para determinar el mediodía.

Labastida. En la sierra de Toloño, en un corte vertical que mira al oeste hay dos peñas en la parte inferior. El sol las ilumina a las doce. Hay quien cree que las dos peñas las pusieron “los antiguos” para que marcaran el mediodía.

Labastida. La peña desde la ermita del Santo Cristo.



Nograro. En la fotografía de la torre de los Velasco de Nograro, se puede observar como los matacanes hacen sombra en su costado sur.

Cuando trillaban en verano o trabajaban en las huertas, sabían que eran las doce midiendo a ojo la sombra del garitón (“medio metro o así” dijo nuestro informador) de la esquina SE en el muro este de la torre.



La torre de Nograro señala el mediodía

Pedruzo. Algunos vecinos saben cuando es mediodía por la posición de la sombra de una de las esquinas de su casa en el suelo.

Santa Cruz de Campezo. En verano, cuando el sol iluminaba una pedriza de la sierra situada sobre las ruinas del convento de Piérola, los niños iban a casa a merendar. La peña del Águila de Antoñana señalaba las doce.

San Vicente de Arana. El sacristán sabía cuando eran las doce siguiendo la sombra del tronco de un nogal que se hallaba ante el pórtico de la iglesia.

Tuyo. En las labores de escarda dejando la azada vertical en el suelo con el mango mirando al norte calculaban la hora. Afirman que había un vecino tan diestro que se equivocaba en menos de diez minutos en decir la hora.

Viñaspre. Cuando el sol iluminaba a media mañana la peña conocida popularmente como “el pandero, situada sobre el pueblo navarro de Meano en la sierra de Cantabria, era la hora “*de comer un pedazo de pan y echar un trago de vino, que no había para más.*”

Símbolos solares

Símbolos solares en el caserío Erdikoa del barrio de Arriola (Aramaio), grabados en la clave de un arco ojival, acompañados de tres cruces.



Los discos solares reproducen un reloj canónico.



Eguzkilo, flor del sol, Askartza (Trebiño). Azkoaga (Aramaio).
Euskal mitologiaren arabera barruko bizilagunak
izpiritu gaiztoengandik babesten ditu.

Guereñu afirma que en Álava servían de protección contra las tronadas.

¿Relojes de sol?

A grabados circulares y radiales como los agrupados en este apartado se les ha dado distintas interpretaciones. Algunos podrían ser relojes inacabados, otros grafitos de significado desconocida, relojes desubicados, modelos de medidas, planos, grabados decorativos, etc.,...

Imíruri. Iglesia de San Román (finales del XV o principios del XVI). Círculo con orificio central, a unos dos metros de altura, cercano a los tres grabados de tres líneas y al pequeño reloj semicircular. Podría tratarse de un reloj de sol inacabado o que tuvo las líneas pintadas.



San Román de Imíruri. Círculo con orificio central.

San Vicentejo. Iglesia de San Jorge. Pequeño círculo con orificio central, situado en el costado derecho del primer contrafuerte de la nave, a unos 2,5 m del suelo. Se reconocen con dificultad varias líneas.



San Vicentejo. Pequeño círculo con orificio central.

San Vicentejo. Iglesia de San Jorge. Dibujo formado por tres círculos concéntricos con pequeño orificio central, grabado en el costado izquierdo del primer contrafuerte del ábside bajo un grabado radial de tres líneas.



San Vicentejo. Grabado formado por tres círculos concéntricos.

Tuesta. Iglesia de N^a S^a de la Asunción. Situado a la derecha del pórtico (finales del XVIII) y a 1,2 m del suelo. Círculo grabado de trazo profundo de 17 cm de diámetro. Grafito moderno.



Tuesta. Círculo.

Luyando. Iglesia de Santa María Magdalena. En la jamba derecha de la portada (s. XVI). Pequeño círculo con dos líneas perpendiculares en aspa. Utilidad desconocida.



Luyando. Círculo en la portada.

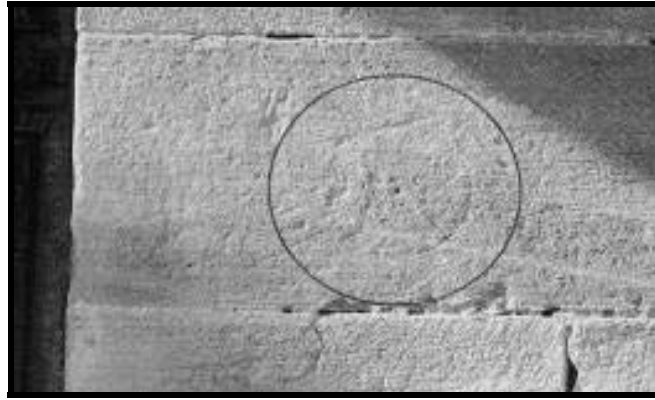
San Vicente de Arana. Iglesia de San Vicente Mártir. Cuatro grandes dibujos circulares adornan las jambas de la portada. El círculo doble que vemos en la foto y tres flores dibujadas a compás. Grafitos. Las rosetas dibujadas a compás abundan en las fachadas de las iglesias.



San Vicente Arana. Roseta inacabada.

Moscador. Dos rosetas. Una a la derecha del pórtico y otra en el pilar central, ambas bajo la imposta. Círculo entre los dos arcos.

Elvillar. En la fotografía de J.I. Domínguez se puede ver un círculo con orificio central emplazado “en lo alto del muro sur (a unos cuatro metros) de la iglesia de la Asunción” del pueblo riojano de Elvillar. He visitado la iglesia en dos ocasiones pero no he conseguido localizarlo.



Iglesia de Elvillar. Círculo con orificio central.

Salvatierra. En el mismo artículo en el que aparece citado el círculo anterior, dos personas- un experto en Gnomónica y un portugués que pasó por Agurain- apuntan una posible utilización de cuatro círculos grabados en la zona baja de un contrafuerte de la iglesia de Santa María de la citada localidad: *“Los relojes eran utilizados para manualmente, al parecer con cera, poner las horas de acuerdo con las diferentes estaciones del año.” J.I. Domínguez. Relojes en la Rioja. El Correo. 28-11-2006.*



Salvatierra. Los cuatro círculos del contrafuerte.

Hay cuatro círculos, uno para cada estación. Evidente. El procedimiento de construcción demasiado artificioso.

El material utilizado, la cera, obligaría a recomponer el reloj frecuentemente. ¿Aguantaría el calor del verano y el frío del invierno? Es más sencillo, económico y duradero grabar las líneas o pintarlas. Utilidad desconocida.

En ocasiones se han interpretado algunos grabados circulares, fácilmente confundibles con relojes canónicos, como testigos de antiguas medidas.

Treviño (ermita de San Juan). Dos círculos con orificio central. Miden un palmo de diámetro, la cuarta parte de la vara.. Utilidad desconocida.



San Juan de Treviño. Círculo de la cabecera.



San Juan de Treviño. Círculo del contrafuerte sur.

Los dos círculos con orificio central de la ermita de San Juan están grabados en la cabecera (s. XIII). Uno en el costado este del contrafuerte sur y el otro en la misma cabecera, ambos a la altura de la mano. Si fueron grabados directamente en el muro, es evidente que no se utilizaron como reloj de sol.

Aunque el círculo del contrafuerte está grabado con trazo menos profundo que el de la cabecera y se le han añadido dos líneas en cruz, ambos círculos coinciden en el tamaño, 21 cm de diámetro, que es la medida del palmo, la cuarta parte de la vara de Castilla.

En la fotografía de A. Cañones vemos uno de los dos círculos iguales localizados en los muros de la iglesia de Santiago de Villena (Alicante). Según la arqueóloga municipal, los círculos están relacionados con la tahúlla, medida agraria de 40 varas de lado utilizada en los regadíos del sudeste español.



Círculo en la iglesia de Villena.
Antonio Cañones

Treviño. Iglesia de San Pedro. Posible reloj.

Se encuentra en el pilar izquierdo del pórtico, a bastante altura, cercano al alero del tejado. No se le aprecian líneas horarias. Más abajo hay un reloj circular de 18 sectores con orificio central que aprovecha también la junta vertical del sillar para situar la varilla. Podría ser un reloj inacabado o que ha perdido la traza. El orificio indica que ha tenido varilla.



San Pedro de Treviño. Círculo con orificio central.

Treviño. En la casa de los Rozas Sarmiento hay dos grandes círculos a ambos lados de la puerta del balcón central de la primera planta. Utilidad desconocida.

Armentia. En la basílica de San Prudencio de Armentia, en el muro del crucero, hay grabado un círculo doble con orificio central. Podría tratarse de un reloj inacabado, semejante al circular grabado en el mismo muro.

¿El dibujo de la clave de la cúpula desaparecida? A un reloj circular de 4x45° grabado aprovechando la junta vertical en una iglesia de Palencia se le ha dado una original interpretación.

Al visitante de la iglesia románica de Santa Eufemia (Palencia), si pregunta por un círculo grabado en uno de los contrafuertes, cercano del suelo, el guía le explicará que es el dibujo de la clave de la cúpula semiesférica de la iglesia grabado por el cantero.



Santa Eufemia. Plano de la clave de la cúpula.



Santa Eufemia. Clave de la cúpula. M. Urteaga.

Labastida. Iglesia de N^a S^a de la Asunción. A la derecha de la portada, cercano al suelo, se puede ver un círculo grabado dividido en 12 sectores aproximadamente iguales. Aunque el soporte es de finales del siglo XVI, por sus características podría confundirse con un cuadrante canónico.

Labastida. Círculo dividido en 12 sectores.



Betolaza. Grabado radial de cuatro sectores grabado en el mortero de rejuntado en la zona baja (1,8 m) del muro sur del tramo de los pies bajo las dos claves empotradas. Ha permanecido cubierto bajo la casa cural desde el año 1796 hasta su reciente derribo. La bóveda de este último tramo es de finales del siglo XVII. Si el muro donde está situado es de la primera mitad del XVI podría tratarse de un reloj canónico. A su izquierda hay otro grabado igual.

Betolaza. Reloj de 4x45° grabado en la argamasa.



Matauco. En el muro sur del crucero hay un pequeño círculo radiado cerca del suelo grabado en la argamasa de rejuntado.



Matauco. Grabado circular en la argamasa de rejuntado.

Villanueva de Tobera. Iglesia de San Vicente Mártir. Grabado radial, de 8 sectores aproximadamente iguales, en el centro de un fragmento de un sillar reutilizado, empotrado en el muro sur cerca de la esquina de la cabecera. En el muro de la cabecera de la iglesia de Argómaniz hay varios sillares, todos ellos de borde irregular como el que puede verse en la fotografía, con grabados que recuerdan éste de Villanueva.



Argómaniz. Uno de los grabados del muro de la cabecera.

Oreitia. Parroquia de San Julián y Santa Basilisa. En el muro norte del ábside hay un sillar que parece reutilizado, a unos 2 m de altura y girado 90° a la izquierda. En el centro se encuentra un grabado de tres líneas que forma con la horizontal cuatro sectores simétricos e iguales dos a dos. Podría considerarse un reloj radial de tres líneas desubicado.



Oreitia. Sillar del muro norte del ábside.

Urarte. Ermita de Nª Sª de Larrauri. Dos grabados de cuatro círculos concéntricos con orificio central en un fragmento de un sillar reutilizado, situado en el rincón donde se ensancha la nave. Grabado decorativo.



Nª Sª de Larrauri. Grabados decorativos.

INDICE DE RELOJES DESCRITOS EN EL INVENTARIO

Diócesis de Vitoria-Gasteiz

Cuando alguno de los relojes no está en la parroquia, se indica el lugar de ubicación entre paréntesis.

ACOSTA: 345
AGUILLO/AGILU (parroquia y casa): 311
ALBAINA/ALBAITA (parroquia y ermita de Granado): 35, 111, 224
ALEGRÍA-DULANTZI (parroquia y ayuntamiento): 249
ANGOSTINA: 251
AÑASTRO: 213
APELLÁNIZ/APINAIZ: 252
ARAMAYONA: 360
ARÁNGUIZ/ARANGIZ: 112
ARAYA (caserío Marutegi): 243
ARCAYA: 285
ARCENIEGA/ARTZINIEGA (santuario de La Encina): 162
ARGOTE: 113, 225
ARLUCEA/ARLUZEA: 360
ARMENTIA: 114, 370
ARRIETA de Treviño: 227
ARRIOLA: 36
ASCARZA de Treviño/ASKARTZA: 144
ATAURI: 360
BACHICABO: 116
BAÑOS DE EBRO/MAÑUETA: 286, 302
BARAMBIO/BARANBIO: 254
BASABE: 37, 118, 255
BAROJA: 318
BERANTEVILLA: 349
BERRÍCANO/BERRIKANO: 342
BERROSTEGUIETA: 287
BETOLAZA: 119, 371
BURGUETA/BURGETA (parroquia y casa): 38, 146
BUSTO de Treviño/BUSTU: 340
CAICEDO-YUSO: 346
CHINCHETRU/TXINTXETRU: 39
CICUJANO: 228
CORRO: 122, 331
CUCHO/KUTXU: 150
DORDÓNIZ (parroquia y ermita San Andrés de Dueso): 40, 319
DOROÑO/DOROÑU: 306
ELCIEGO (casa y ermita de la Virgen de la Plaza): 213, 228
ELVILLAR/BILAR: 360, 367
ERENCHUN/ERENTXUN: 42
ESTÍBALIZ: 43
FONTECHA: 44
FUIDIO: 124, 307
GACEO/GAZEO: 47
GÁMIZ: 48
GRANDÍVAL/GRANDIBAL: 49
GUEREÑA: 50
ILÁRRAZA: 51, 126, 360
IMÍRURI: 52, 127, 230, 309, 364
IZORIA: 257

JUGO: 128
LA PUEBLA DE ARGANZÓN/ARGANTZON: 215
LABASTIDA/BASTIDA (casa, ermita de El Cristo): 54,303, 361, 371
LABRAZA: 56, 360
LAGUARDIA (San Juan, Santa María y Berberana): 58, 258, 344, 350
LAÑO: 343
LASARTE: 65, 130, 297
LASIERRA: 347
LENDONÑO DE ABAJO: 361
LOZA (casa): 320
LUNA: 361
LUYANDO/LUIAONDO: 366
LLANTENO (casa): 352
LLODIO/LAUDIO: 260
MAESTU / MAEZTU (ermitas de la Soledad y del Campo): 65, 261
MANZANOS: 332
MARAUURI (casa): 289, 321
MARQUÍNEZ (ermita de San Juan): 68
MATAUCO: 280, 372
MENDARÓZQUETA/MENDARÓZKETA: 164
MENDIOLA: 341
MIÑANO MAYOR: 70, 291
MIÑANO MENOR: 71
MONASTERIOGUREN: 72
MOREDA: 262
MOSCADOR: 366
MUNAIN: 151
MURGA: 265
MURGUÍA/ MURGIA (santuario de Nª Sª de Oro): 266
NARVAJA/NARBAIXA (caserío Beltrán): 354
NAVARIDAS (casa): 357
NOGRARO: 362
OGUETA/OGETA: 74
OLAETA (casa cural): 292
OLLÁVARRE: 75, 268
ONDÁTEGUI/ONDATEGI: 269
OQUINA/ OKINA: 76
ORBISO: 233
OREITIA: 373
OZAETA: 270
PANGUA: 154
PARIZA/PARITZA: 234, 322
PEDRUZO: 78, 362
PEÑACERRADA/URIZAHARRA: 131,271
PIPAÓN: 294
QUINTANILLA DE LA RIBERA: 165
QUINTANILLA DE VALDEGOVÍA: 273
RESPALDIZA/ARESPALDITZA (iglesia, palacio del marqués de Acha): 275, 276
RIVAGUDA: 81, 277
RIVABELLOSA (parroquia y ermita de San Juan): 80, 166
SALINILLAS DE BURADÓN/GATZAGA BURADÓN (palacio de los condes de Oñate): 278
SALVATIERRA/AGURAIN: 206, 367
SAMIANO: 236, 323
SAN MARTÍN GALVARÍN/SAN MARTÍN GALBARIN: 324
SAN MARTÍN ZAR/SANMARTINZAR: 82
SAN VICENTE DE ARANA: 362, 366
SAN VICENTEJO (parroquia y ermita de la Purísima Concepción): 83, 156, 325, 364, 365
SANTA CRUZ DE CAMPEZO/KANPEZU: 362
SANTA CRUZ DEL FIERRO: 295
SÁSETA: 327

SARASO/SARATSU: 88
SUBIJANA DE ÁLAVA/SUBILLANA-GASTEIZ: 238
TOBILLAS: 89
TORRE: 131, 328
TREVÍÑO/TREBIÑU (parroquia y casa): 90, 217, 358, 368, 369
TUESTA: 258, 365
TUYO: 333, 362
ULLÍBARRI ARRAZUA: 92
ULLÍVARRI VIÑA/URIBARRI-DIBIÑA: 93
URARTE (parroquia y ermita de N^o S^a de Larrauri): 94, 158, 374
URIBARRI (casa cural): 279
UZQUIANO/UZKIO (parroquia y casa): 96, 310
VICUÑA/BIKUÑA: 133, 299, 330
VILORIA: 219
VILLABUENA: 169
VILLANUEVA DE LA OCA/BILLA-OKA: 159, 221
VILLANUEVA DE TOBERA/BILLA-TOBERA: 240, 372
VIÑASPRE: 305, 362
VÍRGALA MAYOR/BIRGARA GOIEN: 98
VÍRGALA MENOR: 329
VITORIA-GASTEIZ (Santa María, San Miguel): 100, 173
YECORA/IEKORA: 210
ZAMBRANA: 134, 245
ZUMELZU/ZUMELTZU: 135

Otros relojes de sol que se describen o nombran

Archidiócesis de Burgos

FONCEA: 9
MIRANDA DE EBRO: 212
SAN ZADORNIL: 87, 157
VALPUESTA: 97, 218, 337

Diócesis de Logroño

BRIÑAS: 147
BRIONES: 350
PECIÑA (ermita N^a S^a de La Piscina): 77
RIBAS de TERESO: 205
SAN VICENTE DE LA SONSIERRA: 351

Diócesis de Pamplona

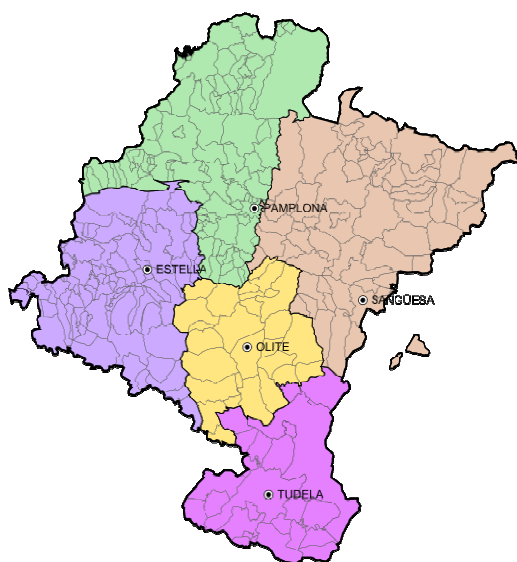
CABREDO: 121
GENEVILLA: 125
LAPOBLACIÓN: 63
MARAÑON: 67
ZÚÑIGA: 234

NOTA: La paginación que figura en este índice se corresponde con la del documento original de donde se han ido extrayendo estas entregas.

RELOJ DE SOL DE LA IGLESIA DE MONREAL (NAVARRA)

por Miguel Ángel Bretos

A 18 km de Pamplona, en dirección a Jaca se encuentra Monreal, una villa que forma parte del Valle de Ibargoiti, si bien tiene municipio independiente. Pertenece a la Merindad de Sangüesa, y limita al norte con Alzórriz, al este con Salinas e Idócin, al sur con la Sierra de Alaiz y al oeste con Elorz. Próxima a la villa discurre la antigua carretera nacional que es atravesada anualmente por cientos de peregrinos que a pie, en bicicleta y a caballo ponen rumbo a Javier en una de las dos citas que tienen lugar en fechas próximas al 12 de marzo, en que se conmemora la canonización del copatrón de Navarra. Por eso de no tener una motivación especial, es fácil pasar por este pueblo, sin adentrarse en él. En la actualidad pasa junto a la antigua nacional la A21, autovía del Pirineo que va ejecutándose tramo a tramo desde Pamplona con el propósito de llegar, antes o después, hasta Jaca. Lo cual obliga ciertamente a pasar por sus cercanías a mayor velocidad si cabe, y como ocurre con otros tantos pueblos, percatarnos de su existencia tan solo por la señal de tráfico correspondiente, de no ser en este caso por la Higa de Monreal una montaña de 1289 metros de altitud fácilmente visible desde la lejanía, que cobija en sus faldas a la mencionada villa, y desde cuya cima se da cobertura radiofónica y televisiva a la cuenca de Pamplona.



Coloreadas sobre el mapa de Navarra las cinco Merindades históricas con sus respectivas cabezas de merindad; Pamplona, Sangüesa, Estella, Olite y Tudela. Un posible criterio para inventariar sus relojes de sol.



Mapa con la situación de Monreal, también punto de paso del Camino de Santiago.

Fuente mapas: Wikipedia

De visita en Monreal

Dicho esto debo aclarar que el motivo que me llevó a Monreal el pasado 12 de octubre, fue una velada musical propiciada por Conchita Erviti, oriunda del lugar. Desde entonces aguardaba en mi memoria el relato de este artículo para traerlo a Carpe Diem. Antes de ejecutar la partitura a *primera vista*, su marido Fernando Martín, acompañado como iba un servidor de su progenitora Natividad Noáin, hizo de anfitrión y con su coche recorrimos el pueblo, antes de recalar los cuatro en la *Parroquia de la Natividad de Nuestra Señora de Monreal*. Para ello tuvo que pedir las llaves al párroco, cuya casa está próxima a la iglesia, y que resultó ser además el capellán de Osasuna, el equipo navarro de fútbol de primera división.

Antes de bajar del coche le pregunté a Fernando si la iglesia contaba con un reloj de sol, a lo que respondió casi con rotundidad, que no.



Monreal se sitúa en una pendiente suave, alzándose en la zona más alta, en uno de los extremos del pueblo, la iglesia. El caserío está articulado por dos calles paralelas de trazado sinuoso, que lo cruzan longitudinalmente. (C.M.N.)



La Higa de Monreal, con su inconfundible repetidor en la cima que cuenta con una ermita dedicada a Santa Bárbara. A la derecha la villa de Monreal.



Parroquia de la Natividad de Nuestra Señora de Monreal, cuyo primer titular fue San Martín.

Una vez franqueada la puerta de acceso, D. Ángel Gogorza comenzó a explicarnos detalles sobre el retablo principal, las capillas anexas, y el órgano situado sobre el coro. Así es como puso de relieve una particularidad de esta iglesia a tener en cuenta. El actual coro ocupa el lugar en que estuvo situada originalmente la cabecera de la iglesia. Según detalla el Catálogo Monumental de Navarra en el año 1800 comenzaron las obras de remodelación hasta adquirir en su extremo occidental la forma de cruz latina, que se observa en el plano de planta adjunto, y desde 1808 en que finalizan las obras, el presbiterio se encuentra en dicho lugar.



Antigua cabecera de la iglesia, con la torre de fuste prismático y pórtico de planta trapezoidal situado a la altura del segundo tramo del lado de la Epístola, que en este caso queda orientado al norte. A la derecha casa parroquial de Monreal.

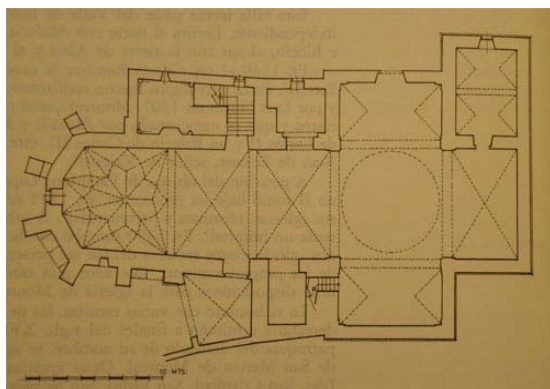


Retablo de la Parroquia de la Natividad de Nuestra Señora de Monreal.



Coro de la iglesia de Monreal situado desde 1808 en la orientación este.

Tras estas explicaciones, Conchita no conforme con la respuesta que me había dado Fernando en el interior del coche, irrumpió de nuevo con la pregunta que le había formulado, a lo que D. Ángel respondió de manera favorable. Para su sorpresa añadí, pues en ese caso debe estar en este lado de la iglesia, apuntando al sur de la misma. Lo cual se explica debido a que los altares se orientaban hacia el este —el coro actual— por lo cual era fácil deducir cual era la pared sur, y por tanto la ubicación del reloj de sol, dando por hecho que estaría bien posicionado.



Vista de planta de la iglesia de Monreal.
Fuente: Catálogo Monumental de Navarra.



Acceso al jardín, próximo al pórtico de entrada.

Reloj de sol de la Parroquia de Monreal

Es por la tarde, y ya queda poco rato de luz, la Higa de Monreal resta horas de insolación a la iglesia. Aclarado este extremo, D. Ángel que había ido a por la llave para enseñarnos la sala habilitada como pequeño museo parroquial, nos enseña primero el reloj de sol. Al salir por la puerta lateral del crucero, la del lado del Evangelio, todavía se ve el sol en el horizonte. Accedemos a una zona ajardinada que hasta el año anterior de nuestra visita habían utilizado como huerta, habida cuenta de que su acceso cercano al pórtico de entrada cuenta con una reja que impide su tránsito. Así que según parece D. Ángel nos ha enseñado dos cosas de las que los vecinos no deben conocer su existencia, el reloj de sol y el pequeño museo de la iglesia.



Pared en que se encuentra ubicado el reloj de sol, concretamente sobre el arco de la segunda ventana contando a partir del banco de piedra.

El gnomon

Al ver el reloj, le pregunto a D. Ángel si ha estado siempre así. Me dice que la varilla la ha repuesto hace aproximadamente un año un vecino (la conversación es de 2009). Le comento al párroco que para que estuviera bien tendría que estar más elevado, no parece que forme 42° con respecto a la horizontal.

Sobre la línea horaria de las doce se observa un orificio, que con toda probabilidad habría servido para alojar el anclaje del gnomon original.



Inclinación del gnomon, y orientación del cuadrante.



Reloj de sol sobre el arco de la segunda ventana.

La orientación

El cuadrante de aspecto cuadrangular, está en la pared sur. Se aprecia que está recibido en el muro de piedra con un leve desplazamiento respecto a éste, como queriendo buscar una perfecta orientación al mediodía.



Vista en detalle del reloj de sol. Las líneas horarias parten de una estrella, el astro rey.

Las líneas horarias

Viendo con detalle las fotografías realizadas este mes de julio, se comprueba que los números arábigos que señalan las horas previas al mediodía son claros y legibles. Los que indican las horas, de la una a las seis de la tarde, se leen con un poquito de dificultad por estar algo erosionados, o peor labrados.

Sobre su antigüedad

El CMN aporta estos datos sobre la iglesia, que nos pueden ayudar a situarnos. Su primer titular fue San Martín pero al trasladarse a ésta la Virgen de la parroquia antigua tomó el título de la Natividad. Es una iglesia de origen medieval del siglo XIII, a la que se dotó de bóvedas en el siglo XVI. En 1695 se realizan varias obras; escaleras para subir a la torre, repastos a las bóvedas y parte del cerco del cementerio. Hacia 1800 se cambió de dirección y se construyó un crucero y una cabecera recta remodelándose la nave que está articulada por pilastras y recorrida por una cornisa que discurre por el perímetro de la iglesia a excepción del coro. Se bendice la iglesia con licencia en 1808. Se conserva una bóveda de paños del siglo XVI sobre el coro, con una clave con el relieve de San Martín partiendo la capa correspondiente al primitivo presbiterio.

En la subida al coro, por el lado del Evangelio, se conserva la sacristía vieja. En cuya pared exterior entendemos, está situado el reloj de sol. Pero resulta aventurado dar una fecha para el mismo.

Fin de la jornada

Tras la visita a la iglesia y la casa paterna de Conchita, fuimos por fin a la casa del matrimonio Martín-Erviti, donde nos aguardaba desde hacía un buen rato la partitura de una canción de origen napolitano; “Santa Lucía” de la que un servidor se hizo cargo de la melodía con su instrumento de viento madera y doble caña, y que Conchita acompañó al piano, dado que este fue en realidad el motivo de la visita a Monreal. Y después a merendar. Una tarde de otoño redonda, en la que me fui con la alegría interna de haber encontrado otro reloj de sol que mostrar a mis amigos de Carpe Diem.

LA HORA DEL TERREMOTO DE LISBOA

Por Rogelio Meléndez Tercero

Uno de los terremotos más espectaculares de la Historia de Europa y en especial de España y Portugal es el conocido como **Terremoto de Lisboa**, que tuvo lugar el 1 de noviembre de 1755, por la **mañana**. Mucho se ha escrito (y aún hay materia para rato) sobre este movimiento sísmico por múltiples circunstancias y quizá entre las numerosas publicaciones recientes la más destacable es la realizada en el año 2.001 por *José Manuel Martínez Solares y Fernando Rodríguez de la Torre* que constituye una monografía (Nº 19) del Instituto Geográfico Nacional, (IGN). Para los aficionados a los relojes de sol este evento puede tener interés de cara a la **fijación** del mismo **en el tiempo**. En efecto en el año 1755 no se media el paso del tiempo como ahora. Aun los relojes de sol tenían fama de ser los más exactos¹ y por ello y dado que he hallado material suficiente he creído hacer oportuno realizar un análisis puntual de este tema.

La bibliografía consultada por mi aporta datos un tanto contradictorios. Se habla de que ocurrió (me refiero siempre a la **primera sacudida** y no a las réplicas), a las 9 h 20 m. a las 9 h. 35 m. a las 9 h. 50 m.....Yo después de analizar todos los datos con detalle, me decanto por señalar (datos del IGN) que el evento tuvo lugar a las **9 h. 30 minutos** en el **epicentro** es decir en un punto cuyas coordenadas son **37º N** y **10º O** y que en Cádiz se percibió la sacudida primera las 9 h. 52 m **hora local de Cádiz** (José M. Solares y F. Rodríguez de la Torre).Explico en que me baso. La posición de Cádiz corresponde a las coordenadas 36º 32'00" N y 6º 17'50" O. Los segundos podemos –en este caso- despreciarlos pero los considero también. Por tanto hay una diferencia de longitudes de 3,7027º lo que supone en tiempo prácticamente **15 minutos**. Por otra parte con las coordenadas de Cádiz y del epicentro podemos determinar la distancia medida sobre la superficie del mar entre ambos puntos, que son como veremos 334,5 km. Esto se resuelve mediante la trigonometría esférica.

La diferencia en latitud entre Cádiz y el epicentro son 0,466º y en longitud 3,7027º. Luego tenemos un triángulo esférico de lados **a-b** y **c**. De estos son conocidos **a** (diferencia de latitud) y **b** (diferencia de longitud) y desconocemos **c**. Pero sabemos el ángulo (**C**) comprendido entre los lados **a** y **b** que es un ángulo de 90º. Lo que necesitamos saber es el lado **c** que podemos conocer, aplicando la siguiente fórmula de trigonometría esférica: $\cos c = (\cos a \cdot \cos b) + (\sin a \cdot \sin b \cdot \cos C)$; pero antes de aplicar esta fórmula, hemos de tener en cuenta que la diferencia de longitud es a una latitud de 36º 32'00" (latitud de Cádiz). A esta latitud y con un radio terrestre de 6371 Km. tenemos un radio sobre paralelo de 5114,75 km. Esto supone que el arco interceptado es de 330,537 km.; lo que supone que medido desde el centro de La Tierra el arco sería de 2,972º. Luego el lado **b** será de sólo este valor (2,972º). Así pues el lado **c** será de 3,008º. Luego la distancia desde el epicentro a Cádiz será de 334,5 km.

La velocidad de las ondas sísmicas (ondas primarias recordemos) oscila entre 1,4 y 7 km/s. luego el tiempo que tardó en llegar la sacudida (transmitida por el fondo marino) a Cádiz debió oscilar entre 4 minutos y sólo uno aproximadamente. En todo caso a los 15 minutos que antes ya teníamos (diferencia de longitud) hay que añadirle unos pocos más con lo que nos aproximamos bastante (30 + 18 = 48 minutos) a la hora local de Cádiz que citan J. M. Martínez Solares y F. Rodríguez de la Torre, esto es las 9h. 52m.

No obstante lo que llegó aquel día a Cádiz fue algo más que una oscilación del suelo fue también un **maremoto**. La velocidad con que las ondas del maremoto (tsunami) se propagan es variable y diferente en océano abierto que cerca de la costa. Si hay una lamina de 3-4 Km. las ondas pueden avanzar a unos 600 Km./h., (0,166 Km./s), pero al acercarse a la costa su velocidad disminuye (unos 50 Km./h puede ser una velocidad típica) y como es bien sabido aumenta espectacularmente su altura. Así pues parece que el tsunami que asoló Cádiz se hizo patente bastantes minutos **después** que la sacudida bajo el suelo. Entiendo que las 9 h.52 m. se refiere a la llegada de las ondas a través del subsuelo. En todo caso esto es otra cuestión. Lo que pretendo es analizar **cuando** se sintió el temblor en el **resto de España**. Para ello partiré en todo caso de que el origen en el tiempo fue las 9 h. 30 m. **en tiempo solar verdadero y en epicentro** (37º N. 10º O). Si se constase que la hora no fue la indicada (respecto a la posición del

¹)Hasta el siglo XIX los relojes de sol se seguían utilizando según D'Ossogno, para poner en hora los hasta entonces imperfectos relojes mecánicos. Ver referencia bibliográfica.

epicentro no parece haber duda), todos los cálculos y razonamientos seguirían siendo válidos y sólo habría que hacer la pertinente modificación en el tiempo origen.

DETERMINACION DEL TIEMPO

Un evento como aquel acaecido en nuestros días pocas dudas albergaría respeto a la hora exacta en que se produjo;.....pero hemos de considerar que el tiempo que marcan nuestros relojes (hora oficial), no coincide con lo que entonces era la hora oficial. Aquí está el “gato encerrado”.En el año 1755 el tiempo se media –según ya he señalado-en lo que hoy es tiempo solar verdadero, (TSV), es decir el que miden los relojes de sol convencionales, que como sabemos no tienen en cuenta ni la existencia de la **ecuación del tiempo**², ni el sistema internacional de los **husos horarios**, (establecido a finales del s. XIX), ni la moderna corrección del adelanto atraso de una **hora** (ó dos) respecto al tiempo universal. Por otra parte no quiero dejar de pasar por alto otra circunstancia, obvia para los aficionados a la astronomía en general y en especial a los relojes de sol. Manejamos de modo habitual los Anuarios de los Observatorios astronómicos en los que con toda comodidad obtenemos datos como la **hora de paso** del Sol por un meridiano de referencia y los valores de la **declinación**; pero no tenemos (al menos yo no tengo) esos datos referidos al año 1.755; los cuales son necesarios para hallar la equivalencia entre el modo de medir el tiempo ahora y en el año 1755.

¿Cuáles serían los parámetros correspondientes al 1 de noviembre de 1755? .En concreto el valor de la ecuación del tiempo (ET), declinación y paso por un meridiano de referencia. Hay que recordar que en el año 1755 ya se había llevado a cabo la **reforma Gregoriana** y que por tanto en base a la misma el año 1600 fue bisiesto y también lo fue el año 2000, pero no lo fueron ni el 1700, ni el 1800 ni el 1900. Aún recordamos todo el aparente “lío” (al final no fue tanto) que se montó en torno a esta circunstancia.

Como sabemos todos los aficionados a estos temas año tras año damos por finalizado el año (valga la redundancia); es decir hacemos las pertinentes celebraciones y brindis ANTES de lo debido porque el tiempo que tarda la Tierra en completar su órbita en torno al Sol es de 365 días y UN PICO, que ha dado no pocos quebraderos de cabeza a lo largo de la Historia. Sabemos que este “pico” es de prácticamente 6 horas, pero,.....no 6 horas justas si no algo menos. Por lo que yo se 5h. 48 m y 47,5 seg., si bien este dato quizá habría que matizarlo, aunque no lo haré porque-en este caso-ello es intrascendente y sólo serviría para liar aún más la madeja.

Así las cosas resulta que cuando cada 4 años añadimos un día de más, “nos pasamos” con el añadido como es evidente. Como en un siglo hay 25 ciclos de 4 años resulta que al cabo de 100 años (de 1600 a 1700) añadiríamos **de más** unas 18 horas. Pero el año 1700 no fue bisiesto con lo que la demasía de 18 horas se convirtió en 6 horas **de menos**. Claro que de 1700 a 1800 y de este a 1900 de nuevo se repitió el asunto y puesto que ni 1800, ni 1900 fueron bisiestos y si hacemos las cuentas con calma (y paciencia) veremos que al menos teóricamente a lo largo del siglo XX debió ir reduciéndose el desajuste de tal modo que el año 2000, tuvo que ser bisiesto para digamos y siempre teóricamente **anular el desajuste**. De 2000 a 2400 se repetirá (previsiblemente) la historia.

Pero claro a lo largo de 4 siglos se ponen de manifiesto otros factores además del analizado (ajuste entre el Calendario digamos “real” y el “oficial”); como por ejemplo esa paulatina tendencia al **adelanto** de los equinoccios, debido al fenómeno de la **precesión**.

Total que si analizamos con detalle todo esto hemos de pensar que los parámetros correspondientes al 1 de noviembre de 1755, pudieron ser en la práctica-para nuestro caso- los correspondientes al tercer o cuarto día del mes de octubre pero contando desde el final esto es al 28 -29 ó 30 de octubre actuales. Puesto que en nuestro caso las diferencias que nos importan son despreciables elegiremos el **29 de octubre**. Tampoco creo que tiene demasiada importancia el año elegido y por ello tomo el 1994.

El 29 de octubre de 1994, el Sol pasó por el meridiano del Obs. Astronómico de Madrid a las 11h. 58 m. 30 s. los valores de la declinación fueron (-13° 18'00" y -13° 37' 53") a las 0 y 24 h. respectivamente y la ecuación del tiempo osciló entre los 16 m 13s y los 16 m.17s también a las horas citadas, que están expresadas **siempre en TU**. El sentido de la ecuación del tiempo, es tal que el Sol va adelantado (por Madrid debería pasar a las 12h. 14m. 45,1s.). Pues bien ya tenemos datos suficientes que después utilizaremos.

² Según Franz Embacher (ver referencia bibliográfica) los primeros en utilizar el concepto de ecuación del tiempo fueron los astrónomos ingleses y a partir de la mitad del siglo XVIII. Supongo que esto sería sólo en labores científicas , no a nivel de la vida cotidiana, como en la actualidad.

VELOCIDAD DE LAS ONDAS SISMICAS

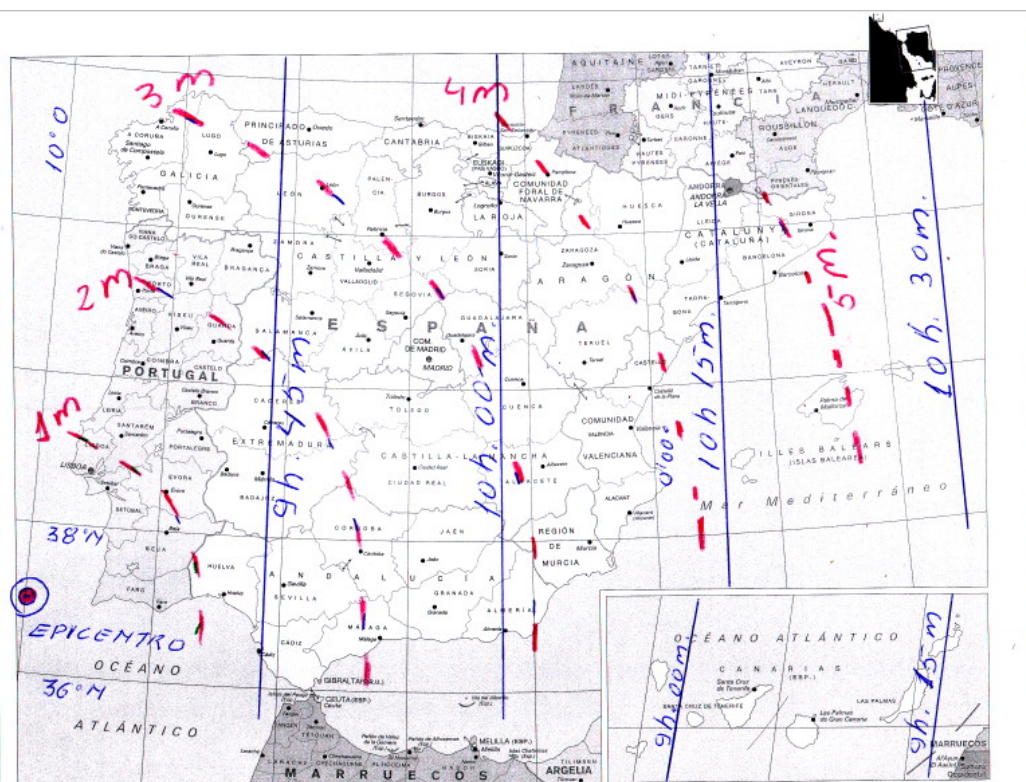


Fig. 1 Horas en TSV / y avance de ondas sísmicas

Figura 1

Fijado pues el origen del fenómeno tanto en el espacio como en el tiempo (solar verdadero) solo nos queda tener en cuenta la velocidad de propagación de las ondas sísmicas y la equivalencia entre longitud geográfica y hora solar verdadera; para determinar a que hora percibieron los habitantes de las diferentes poblaciones la sacudida sísmica. Por supuesto que también podemos saber que hora hubiesen señalado los relojes en diferentes puntos de España si ya entonces se utilizase el mismo horario que en nuestro días, pero eso será después.

Es importante tener en cuenta que lo que estoy intentando determinar **no es** el tiempo transcurrido desde que tuvo lugar el fenómeno, hasta el instante en el que se percibió en distintas partes de España. Lo que buscamos es **la hora que marcaban los relojes en diferentes puntos de España cuando se percibió la sacudida sísmica**. Para ello como es lógico hay que tener en cuenta la diferencia de las longitudes. Entre La Coruña ($8^{\circ} 23' 22''$ Oeste y Gerona ($2^{\circ} 49' 37''$ Este), hay prácticamente 45 minutos de diferencia. Además hay que tener en cuenta el tiempo empleado por las ondas sísmicas en alcanzar los distintos puntos de la geografía española. Me referiré lógicamente sólo a las denominadas primarias, esto es las que llevan mayor velocidad. Se trata como es sabido de ondas longitudinales.

Ya he señalado que las ondas sísmicas precitadas se propagan por el terreno a velocidades que oscilan entre los 1400 y los 7000 m/s. Incluso el margen podría ser mayor. Por otra parte y puesto que la composición geológica del subsuelo no es uniforme, no cabe esperar que dos puntos situados a igual distancia del epicentro sean alcanzados por la vibración al unísono. Supondremos no obstante que el terreno es rigurosamente uniforme para no complicar demasiado los cálculos y porque como veremos, en este caso la velocidad de propagación de las ondas no es lo más significativo. Con una velocidad de 7 Km/s. en menos de 3 minutos las ondas llegarían desde el SO de Huelva al NE de Gerona. Si la velocidad media que suponemos es de 1,4 km/s. entonces serían unos 14 minutos. Es evidente por tanto que en este caso **resulta más decisiva la diferencia de longitudes** (recordemos lo de los 45 minutos de la Coruña a Gerona), que el tiempo invertido por las ondas en propagarse. Por ello en el gráfico de la fig.1, se supone una velocidad media de **4 km/s**. Los arcos de circunferencia con centro en el epicentro señalan las diversas zonas de España (excepto Canarias), alcanzadas por las ondas sísmicas con intervalos de **un minuto**. En este supuesto y en el caso extremo (NE de Cataluña) las ondas tardaron unos 5 minutos en llegar y puesto que en el momento de la sacudida eran las 10h. 20 m. los relojes deberían señalar las 10 h. 25 m. El sencillo razonamiento empleado en este caso es válido para el resto de España. En todo caso es

evidente que no debió haber diferencias muy espectaculares en cuanto a la **hora** de la percepción del fenómeno, quizá una hora como máximo. El caso de Canarias lo estudiaré por separado.

Dado pues que no habrá diferencias muy espectaculares elegiré para el análisis, los extremos NE y SO de la Península y el centro es decir Madrid. Esta ciudad debió ser alcanzada por la ondas sísmicas transcurrido un tiempo T que es el mismo que en los casos de poblaciones del centro de las provincias de Murcia y Albacete, de la zona de confluencia de las provincias de Toledo Cuenca y Ciudad Real; de la zona centro de Segovia y Valladolid; de la zona donde son limítrofes las provincias de Zamora y León y por fin de la zona central de Galicia. Sin embargo y aún tratándose de un fenómeno que se percibió en un **mismo instante** en todas las zonas señaladas; en cada una la hora que digamos valía o contaba **era diferente** ya que un reloj de sol en Murcia y en un instante dado no señala en modo alguno la misma hora que otro en La Coruña.

LA HORA EN AQUELLA EPOCA

a) *La Península y Baleares*

Partimos pues de la consideración de que en el punto de coordenadas (37° N. 10° O) esto es en el **epicentro** y cuando eran exactamente 9 h. 30 m. **en tiempo solar verdadero**, se produjo la sacudida sísmica. En ese mismo instante en el meridiano de Cádiz (o Astorga en la provincia de León) serían las 9 h. 45 m.; en el de Almería (o Vitoria) serían las 10 en Tarragona las 10 h. 15 m. y por último tanto en Girona como en la isla de Mallorca serían las 10 h. y 22 minutos. Esto se representa en la fig.1. Se trata lógicamente de las horas (tiempo solar verdadero) que entonces se utilizaban en la vida cotidiana y que son las que señalaban entonces y ahora los relojes de sol digamos convencionales. Si ahora tenemos en cuenta el **tiempo que tardaron en llegar las ondas sísmicas** resulta que la sacudida en diferentes zonas de la Península (y Baleares) debió sentirse como se señala a continuación:

Extremo NE de España .- Entre las 10h. 20m y las 10 h. 30 m.

En las islas Baleares el fenómeno debió sentirse al mismo tiempo que en Cataluña. Es decir cuando sus relojes de sol señalaban las 10h 20 minutos en la parte más occidental (Ibiza) ; mientras que en el extremo más oriental serían las 10 h. 30 m (TSV) cuando llegaron las ondas sísmicas.

Extremo SO de España .- A las 9h. 40 minutos.

Centro de España (Madrid).- A las 9 h. 55 minutos o quizá ya las 10.

En el mismo instante en que se percibió el fenómeno en Madrid, también fue perceptible, en un arco que se extendería desde La Coruña a Murcia. Pero en ese instante los relojes de La Coruña señalarían las 9h. 45 m. y los de Murcia las 10 h. 5 m. o quizá 10 h. 10 m.

En definitiva que las horas vigentes entonces en toda España (excepto Canarias), no llegaban a diferir ni siquiera en 60 minutos.

b) *El caso de Canarias.*

Cuando se produjo el temblor es decir cuando eran las 9 h. 30 m. en el epicentro, en Canarias(entre 13,5° y 18° al Oeste de Greenwich) serían las 9 h. 15 m. (zona oriental del archipiélago) y las 9 en la parte más occidental. En las citadas islas y según los testimonios recogidos el fenómeno se noto **sobre todo en el mar**. Sus efectos en todo caso fueron muy moderados y más que nada causaron admiración pero apenas daños materiales. Según un testimonio³ de la época el fenómeno se percibió “como a las 11 de la mañana”. La distancia entre el epicentro y estas islas es de 1150 km. Para ello tomo la latitud y longitud media del archipiélago 28,5° N y 16° Oeste y aplico el mismo procedimiento que para hallar la distancia del epicentro a la ciudad de Cádiz. Esto supone que las ondas sísmicas se propagaron por el mar a unos 575 km/hora, dato este que en efecto parece bastante lógico. El temblor en el terreno (transmitido por el fondo marino), debió llegar **antes**; pero quizá no se percibió o quizá (lo más probable) no hay muchos testimonios del mismo.

No obstante y como no quiero dejar ningún cabo suelto; señalo que tengo ciertas dudas en el modo de calcular la distancia del epicentro al punto medio del archipiélago. Tengo que revisar el modo en que hice el cálculo (con trigonometría esférica), pero como el tiempo apremia no puedo ahora entretenerme en ello.

Tras lo expuesto lo interesante sería comprobar lo calculado. Es sabido que por orden real (Fernando VI) se solicitó información a todo el Reino sobre la percepción y las consecuencias del

³ El dato lo he recogido de una publicación de Luis Alberto Anaya Hernández (Universidad de Las Palmas de Gran Canaria). El citado autor cita a su vez el testimonio de Juan de Urbina, un personaje que vivió en persona los efectos del terremoto en las islas.

movimiento sísmico. Entre lo que se preguntaba figuraba **la hora** a la que tuvo lugar el suceso. Un análisis de esas respuestas sería pues el modo de hacer la comprobación. En las páginas de la Red hay datos al respecto. No obstante hay que tener en cuenta las circunstancias de la época. La hora más que leerse con la precisión y comodidad de hoy se estimaba. La precisión en la lectura de la hora que puede dar un reloj de sol es siempre inferior a la de un moderno reloj mecánico o digital. Los relojes de sol eran aún entonces posiblemente los más fiables,.....pero no se llevaban ni en el bolsillo ni en la pulsera. Estas y otras circunstancias (el susto, la respuesta dada algunos días después,...) ; hacen pensar en que la hora en la que tuvo lugar el fenómeno facilitada por quienes lo vivieron ha de ser sólo **aproximada**.

Por los datos que yo conozco en Albacete ⁴(provincia) se barajan cifras que oscilan según los testigos de la época entre las 9 y las 11 de la mañana. Yo creo que la respuesta más correcta hubiese sido que unos minutos DESPUES de las 10 de la mañana y siempre antes de las 10 y cuarto. En Girona el mismo investigador que realizó el análisis histórico de la percepción de este terremoto recoge testimonios de la época que indican horas casi similares y siempre como en el caso anterior con lenguaje ambiguo. Se indica por ejemplo que el fenómeno se percibió “cerca de las 11 de la mañana”, si bien tanto en un caso como en otro se dieron respuestas muy dispares; cuya característica común podría resumirse diciendo que el terremoto fue hacia media mañana. Ya hemos visto asimismo el caso de Canarias.

En definitiva hay digamos concordancia entre los testimonios de la época y este análisis, si bien habría que matizar que los datos de entonces no se facilitaron con el rigor ni la precisión que hoy día habríamos utilizado y cabría añadir incluso que este punto (labor de historiadores); quizá aún no está bien investigado.

LA HORA ACTUAL

Si este fenómeno se hubiese producido utilizando medidas del tiempo actuales es decir la hora oficial que tiene en cuenta la ET, los husos horarios y el adelanto/atraso del verano-invierno, nos encontramos con lo siguiente.

Puesto que desde Greenwich al epicentro hay una diferencia de 40 minutos, un reloj de sol en el epicentro indicaría- por ejemplo- que faltaban 40 minutos para las 12 cuando en Greenwich fuese mediodía solar es decir cuando el Sol pasase por la vertical justa de este meridiano. Por tanto a las 9 h. 30 m. del epicentro hay que añadirles 40 minutos. Pero resulta que ese día la ET era de algo más de 16 minutos y en sentido tal que el Sol verdadero, va **adelantado** luego el añadido para pasar de hora solar verdadera a hora en TU no han de ser 40 minutos si no sólo 24, esto es (40-16). Es decir el fenómeno tuvo lugar cuando en el epicentro eran prácticamente las 10 TU. En concreto las **9 h. 54 m.** Aunque en el epicentro la hora que debe regir es la oficial de Portugal como el cálculo lo estamos refiriendo a España hay que incrementar una hora más pues el horario oficial en España va adelantado una hora en invierno respecto al TU; luego eran las **10 h. 54 m. de la mañana por nuestro horario**. El movimiento en menos de 15 minutos se propagó hasta Girona. Luego en toda España se sintió entre las 11 y las 11 y cuarto de la mañana de la mañana según el horario oficial de invierno. En Canarias serían las 9h.54 m. cuando tuvo lugar la sacudida y se notó a las 12 de la mañana siempre en tiempo oficial de invierno.

Para llegar a esta conclusión y además de emplear el razonamiento señalado, lo que hice fue diseñar un reloj-calendario para el punto del epicentro y señalar en el mismo (en las diferentes analemas), **hora oficial de invierno**. En este diseño se señala la fecha correspondiente al 29 de octubre (que equivaldría al 1 de noviembre del año 1755).Es en esencia lo que tantas veces he hecho para diversos puntos de España y del extranjero a base de un programa de cálculo que un amigo mío y facultativo de minas (D. Rogelio Cerdeira Crespo), confeccionó en el año 1992 y que en cuestión de escasos minutos permite realizar estos diseños, que sirven de base o punto de partida para ver como sería el esquema (plano directriz) de un parque solar didáctico como los que años después hice en dos poblaciones de El Bierzo.

Sobre este diseño coloqué el correspondiente a un reloj de sol convencional HORIZONTAL para el punto del epicentro y como se ve en la figura es evidente que en fecha 29 de octubre y cuando en un reloj de sol convencional son las 9 h, 30 m. han de ser por el horario oficial de invierno prácticamente las 11. Las analemas representan como he dicho el horario actual y las fechas diversas del año. En fecha 29 de octubre y como es bien sabido la rama de analema que cuenta es la que tiene forma de Z. Las líneas rectas son evidentemente las horarias clásicas de un reloj de sol y están indicadas con números romanos. Se ha señalado en rojo la línea horaria de las 9h.30 m. del TSV.

⁴ Dato recogido de FERNANDO RODRIGUEZ DE LA TORRE. *“Efectos del terremoto de 1 de noviembre de 1755 en la actual provincia de Albacete” que también ha publicado un análisis similar para Girona*

Por otra parte y utilizando las correspondientes formulas matemáticas se puede demostrar que el 29 de octubre en el punto de coordenadas del epicentro (37° N y 10° O.) a las 9,9 TU (es decir a las 10h. 54 m. del horario oficial de invierno), el Sol alcanza una altura de $28,48^{\circ}$ y un azimut de $317,73^{\circ}$ y que a esta misma hora en un reloj de sol clásico y horizontal la sombra formará un ángulo de $24,78^{\circ}$ con la meridiana local. En realidad esto es lo que se representa en la fig. 2 que se inserta en este artículo.

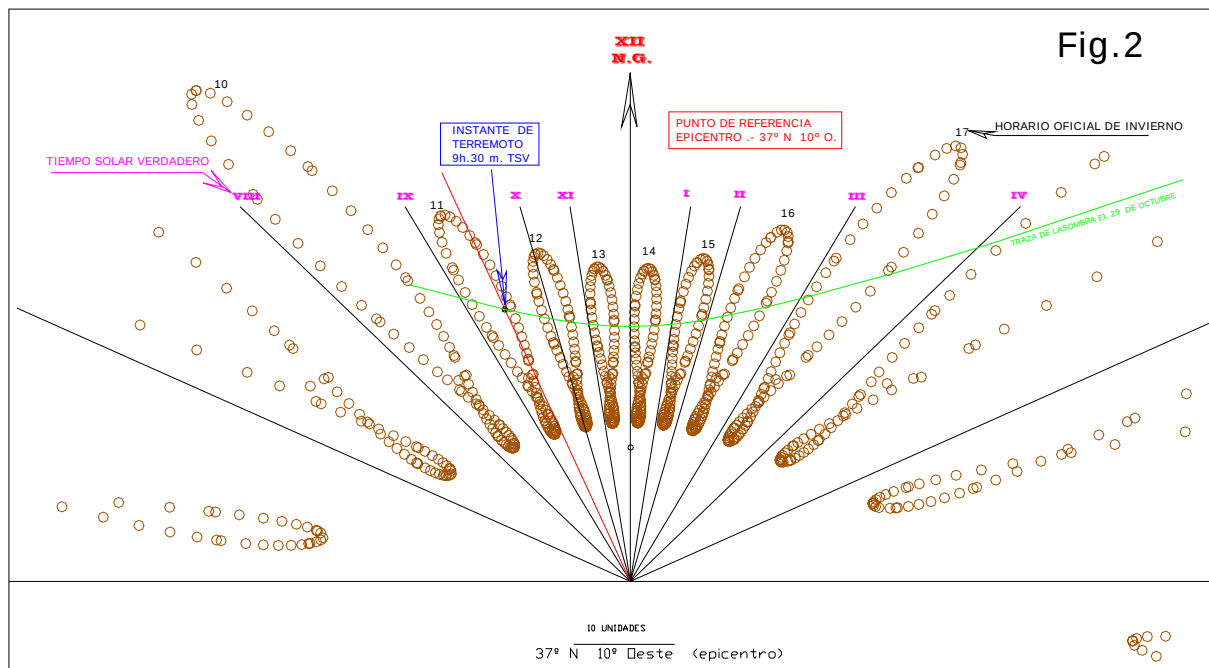


Figura 2

CONCLUSIONES

****El Terremoto de Lisboa afectó a toda la España peninsular incluyendo las Baleares en torno a las 11 de la mañana según el *horario oficial de invierno* actual** Concretando más podríamos decir que a las 11 en punto se percibió la sacudida en el SO de Andalucía y en menos de 15 minutos las ondas llegaron al NE de Cataluña, afectando también al unísono a las Baleares.

En las islas Canarias el fenómeno se percibió un tsunami a las 12 de la mañana según el horario oficial de invierno. correspondiente a este archipiélago.

**** Las horas que los relojes de la época (todos se regían por el tiempos solar verdadero), señalaban oscilaban entre las 9h.40 m (en el SO de Andalucía) y las 10 h. 30 m. en el NE de Cataluña. En Canarias señalaban las 11 de la mañana en el centro del archipiélago.**

**** Los cálculos y análisis realizados, sirven para confirmar lo conocido sobre la hora del terremoto. Sigue siendo válida y plenamente aceptable la afirmación de que el evento tuvo lugar en toda España a *“media mañana”*.**

**** Por último quizá haya que destacar que este análisis aunque no haya aportado novedad alguna si es un buen ejercicio, para estudiar las diferencias entre el modo actual y el antiguo de medir el tiempo.**

Espero que si algún cabo ha quedado suelto- siempre suele quedar alguno-entre los miembros de nuestro grupo de Carpe Diem; haya quien puntualice, añada o corrija lo que proceda.

Bembibre Agosto de 2010.

BIBLIOGRAFIA:

-José Manuel Solares y Fernando Rodríguez de la Torre.-**“Los efectos del terremoto de Lisboa”** Monografía N° 19 IGN

-D’Ossogno.- **“ Felipe II y un reloj de sol”** Rev. Analema. N° 16 Año 1996.

-Franz Embacher.- **“ Relojes de Sol. Teoría y construcción”**

RECOPILACIÓN DE POESÍAS SOBRE RELOJES DE SOL

Por F.J.Albertos

Cancionero General (Valencia 1514)
Hernando del Castillo (siglo XVI)
Edición de Joaquín González Cuenca
Madrid, 2004

Por el Comendador Escrivá

Copla sola, a una dama que le dixo que le sabía unos amores porque mirava mucho a otra dama

El aguja del quadrante,
quando en él hay desconcierto,
no señala el punto cierto
aunque tenga el sol delante.
Por do, mis ojos que son
la seña del corazón
porque está desconcertado,
no han mostrado
lo cierto de mi intención.

Fábulas religiosas y morales en verso castellano
Felipe Jacinto Sala (Barcelona, 1819 – Sabadell, 1895)
Barcelona, 1865

El Cuadrante Solar. Fábula LXXX

“Papá, me decía Enrique:
“Preguntaba la hora ayer
“A ese cuadrante solar
“Que han trazado en la pared;
“Y él, intérprete del tiempo,
“Contestó de un modo fiel;
“Pero al cabo de un instante
“Se lo pregunté también,
“Y con semblante sombrío
“Entonces, no sé porqué,
“Se burló de mis deseos
“Con obstinada mudez.
“¿A que vino tal mudanza?
“Enrique, te lo diré;
“La luz del sol alumbraba
“Ese Reloj de pared,
“Cuando tú le interrogaste ayer
“Ayer, por primera vez,
“Y útil, exacto le viste,
“Pudiendo así comprender,
“Que en él la verdad brillaba
“Con toda su esplendidez.

“Mas una nube cubría
“Los rayos del sol después;
“Y esclavo de aquella nube,
“El Reloj de la pared,
“Mudo para la verdad,
“No te pudo responder.

Ese Reloj es el alma;
La luz del sol es la Fé;
Si su purísima llama
Ilumina nuestro ser,
Con la verdad en el labio,
Caminamos hacia el bien;
Mas, si entre la Fé y el alma
Se nos viene a interponer
La ciega duda, vivimos
En horrible lobreguez;
Y solo somos dichosos,
Enrique cuando después
El viento de la esperanza
Rasga esa nube cruel.

Alma nómade
Angel de Estrada (hijo)
Buenos Aires, 1902

El Reloj

“Oh gloria! ser un hombre!”, con buen humor la *Una*
Exclama, y la miseria de tan gentil forma
Dicen las *Dos*, dejando el corazón en duelo.
Las *Tres* traen frescuras de fuente, parque y cielo,
Fulgor y gracia, gesto de la invisible mano
De Venus, que renace triunfal del Oceano
Y tiende prodigiosa la flor de su sonrisa
Que perfuma los labios. Incienso de una misa
Cantada en lo infinito por la zafírea lumbre,
Las *Cuatro* vierten y hacen con el abismo cumbre.
Nostalgias de otros tiempos que aladas leves tocan,
Las *Cinco* con sus alas quiméricas evocan;
Al hombre le convierten en trovador guerrero,
La estrofa es la centella del choque del acero,
Pues liras son la espada y el yelmo y la rodela,
Si el paladín en mente hacia su dama vuela.
Las *Seis*, entristecidas al sol, lucen un manto
Que teje luz de luna entre vapor de llanto;
Nos dan confusa mezcla de cosas invisibles
Y reales, que palpitan, mas son indefinibles;
A veces cantan, ríen, y en su cantar hay pena;
A veces gimen, lloran, y en su llorar disuena
Sonrisa, como un rayo de sol que va en la lluvia
Para tocar la tierra que su perfume efluvia.
La voz que dan las *Siete*, con el poder de un salmo
Viviente al son del arpa, “Tu angustia eterna calmo,
Y tu inquietud mitigo” – murmura. “Pobre enfermo,-
La de las *Ocho* – te amo, sobre tus ojos enfermos;
Soñar es dulce, sueña”. Las *Nueve*, con un lente
Brutal, lo real atraen y queman nuestra frente.
Alados y risueños, las *Diez* dan los amores
Que danzan en guirnalda, brillando como flores.
Las *Once* las señalan las parcas del hastío
Y del dolor, y canta un esqueleto frío
Las *Doce*, y las impele y dice con su canto,
Sobre el cuadrante eterno de confusión: “Mi manto
Oculta la más negra, la gran desconocida,
Y yo no digo nada, me callo; y de la vida,
Su fin y nacimiento, su noche y sus auroras,
¿Qué sabe el hombre?... Sólo que se compone de horas!”

Buenos Aires.

Parnaso Español Contemporáneo
José Brissa
Barcelona-Buenos Aires, 1914

Los Relojes, por Luís de Tapia

I. Reloj de Arena

En la mano del tiempo eres un mito;
La guadaña es tu eterna compañera;
Tu alma de polvo, en fórmula agorera
El trágico "Memento" lleva escrito.

Aunque efímero y breve es tu circuito,
Giras sobre ti mismo de manera
Que el ocho cristalino de tu esfera
Es el ocho, tal vez, del infinito.

Con descendente lentitud serena,
En los cristales de tu doble panza
Bailan los granos de tu fina arena.

Y en los reposos de tan suave danza,
Cada grano caído es una pena
Que fué, antes de caer, una esperanza.

II. Reloj de sol

Adorno eres del muro del Concejo
Del árido poblado castellano;
Mancha de cal es tu cuadrante plano;
Tu saliente nariz, un hierro viejo.

Varillaje es de rayas, tu aparejo;
Signo de la hora, un número romano
Eres manco, pues tienes una mano;
Y eres ciego, pues vives al reflejo.

Pobre y escasa es tu ruin valía,
Marcas en vano cuando el sol
despunta
Y en vano marcas cuando muere el
día.

La hora solar que tu nariz apunta,
Mira, sólo, un gañán que a mediodía
Atraviesa la plaza con su yunta.

III. Reloj de sobremesa

Vives, muerto, tras límpidos fanales;
Reposas sobre el jaspe austero y serio
De esas consolas que dejó el Imperio
En las tranquilas posesiones Reales.

Son tus adornos ciervos y zagales...
Todo tu ser es calma y es misterio...
Siglos llevas en regio cautiverio...
Tu reposo y quietud son funerales...

Yo al ver tu quieta manecilla de oro
Y tu alma muerta, sin tic-tac sonoro,
Retrotrayendo tu probable historia.

Tan sólo le pregunto a mi memoria
Qué galante aventura habrá fijado
La hora de enigma en que te vi parado.

Monolitos

G. Alfredo Morales
Ciudad Trujillo (Rep. Dominicana), 1943

El Reloj de Sol de Ciudad Trujillo [Santo Domingo hasta 1936 y desde 1961]

Ese reloj de Sol de Peñaranda
es un índice mudo en el camino,
un minuterero que fijó el destino
frente al Palacio del señor que manda.

Ese Reloj se yergue i se abaranda
sobre el Ozama, tardo i azulino;
i del cuerdo se burla i del cretino,
sea que vista blusa o ciña banda.

Pasan sonante modas ventoleras,
i la invencible armada i sus banderas,
i el humilde vasallo i el monarca.

Todo pasa i se funde en el olvido
como los ecos de lejano ruido,
pero el Reloj de Sol el tiempo marca.

Mayo, 1-1940.



Obras completas de Sor Juana Inés de la Cruz, I

Ed. Alonso Méndez Plancarte

Fondo de Cultura Económica

México-Buenos Aires, 1951

A la Condesa de Galve, hallándola superior a cualquier elogio.

Sobre si es atrevimiento,
bella Elvira, responderte,
y sobre si también era
cobardía el no atreverme,
he pasado pensativa,
sobre un libro y un bufete
(porque vayan otros *sobres*),
sobre el amor que me debes,
no sé yo qué tantos días;
porque como tú en ti tienes
reloj de Sol, no hay quien mida
lo que vive o lo que muere.

Y si no lo has por enojo,
después que estaba el caletre
cansado asaz de pensar
y de resolver papeles,
resuelta a escribirte ya,
en todos los aranceles
de Jardines y de Luces,
de Estrellas y de Claveles,
no hallé en luces ni colores
comparación conveniente,
que con más de quince palmos
a tu hermosura viniese,

con ser que no perdoné
trasto que no revolviere
en la tienda de Timantes
ni en el obrador de Apeles.

Pues a los Poetas, ¡cuánto
les revolví los afeites
con que hacen que una hermosura
dure aunque al tiempo le pese!

En Petrarca hallé una copia
de una Laura, o de una duende,
pues dicen que ser no tuvo
más del que en sus versos tiene.

Cubierta, como de polvo,
de Griego, una copia breve
hallé de Elena, de Homero
olvidada en un retrete.

Pues de Virgilio el coturno
no dejó de enternecerse
con Elisa, en el *Quam lae-
-ti te genuere parentes*.

A Proserpina, en Claudiano,
ni aun me dió gana de verle
la su condenada faz,
llena de hollines y peces.

De Lucrecia la Romana,
aquella beldad valiente,
persuadiendo honor estaba
a las Matronas de allende,
Florinda vana decía

a los moros alquiceles:
tanto como España valgo,
pues toda por mí se pierde.

Lavinia estaba callada
dejando, que allá se diesen
Turno y el *pater* Eneas,
y después: ¡Viva quien vence!

En Josefo Mariamne,
al ver que sin culpa muere,
dijo: Si me mata Herodes,
claro es que estoy Inocente.

Angélica, en Ariosto,
andaba de hueste en hueste
alterando Paladines
y descoronando Reyes.



En Ovidio, como es
poeta de las Mujeres,
hallé que al fin los pintares
eran como los quereres;

y hallé a escoger, como en peras,
unas bellezas de a veinte,
a lo de *¿qué queréis, pluma?*,
que están diciendo *comedme*,

en los prados, más que flores,
en el campo, más que nieves,
en las plantas, más que frutos,
y en las aguas, más que peces.

A la rubia Galatea
junto a la cándida Tetis,
y a la desdichada Heles;
a la adorada Coronis,
y a la infelices Semele,
a la agraciada Calisto,
a la ligera Atalanta

y a la jactante Climene,
a la infausta Nictimene,
a la florida Pomona
y a la chamuscada Ceres;
a la gentil Aretusa
y a la música Canente,
a la encantadora Circe
y a la celebrada Asterie;
y a otra gran tropa de Ninfas
acuátiles y silvestres,
sin las Mondongas, que a aquestas
guardaban los adherentes;
a la desdenosa Dafne,
y en fin, la Casa del Mundo,
que tantas pinturas tiene
de bellezas vividoras,
que están sin envejecerse,
cuya dura cama, el Tiempo,
que todas las cosas muerde
con los bocados de siglos,
no les puede entrar el diente,
resolví, como ya digo,
sin que entre todas pudiese
hallar una que siquiera
en el vestido os semeje.

Con que, de comparaciones
desesperada mi mente,
al *¿viste?* y al *así como*
hizo ahorcar en dos cordeles,
ya sin tratar de pintarte,
sino sólo de quererte:
porque ésta, aunque culpa, es culpa
muy fácil de cometerse,
y esotra, imposible y culpa;
y a más de culpa, se temen
de Ícaro los precipicios
y de Faetón los vaivenes.

Mira qué vulgar ejemplo,
que hasta los niños de leche
faetonizan e icarizan
la vez que se les ofrece.

Y en fin, no hallo qué decirte,
sino sólo que ofrecerte,
adorando tus favores,
las gracias de tus mercedes.

De ellos me conozco indigna;
mas eres Sol, y amaneces
por beneficio común
para todos igualmente.

Por ellos, Señora mía,
postrada beso mil veces
la tierra que pisas y
los pies, que no sé si tienes.

Gollerías

Ramón Gómez de la Serna (Madrid, 1888 – Buenos Aires, 1963)
Valencia, 1926

El dueño del reloj de sol

Como adherencia a la casa de piedra, había adquirido aquel reloj de sol, al que no daba ninguna importancia.

-¡Ah! Un reloj de sol-dijo al ver la casa el que sabe apreciar las cosas.

-Está parado hace tiempo-dijo el propietario.

-¡Tiene narices!-exclamó el que sabe apreciar las cosas.

-¿Qué?-preguntó desconfiado el propietario.

-Que mientras tenga narices un reloj de sol no está parado nunca y ese parece que las tiene completas.

Elegías y otros poemas

Antonio Moxó Ruano (Cieza, Murcia, 1901 – Madrid, 1999)
Madrid, 1989

El reloj de bronce

Se pararon los relojes.

El reloj de la torre, hasta el reloj de sol.

Sigue latiendo solo

el reloj de bronce de mi corazón.

El tiempo lo rompe todo

y romperá tu reloj

lleno de miedo y temblor.

La hora de la aguja, ésa la pondrá Dios.

Idolatrías

María Antonia Ricas Peces
Murcia, 1997

p. 46

El Coleccionista de Porcelanas

Las banderas recogen el sonido

de la mañana,

el lanzador de jabalina envía un remoto mensaje

de rapaces y apuestas vengadoras.

En un reloj de sol el tiempo cruje

y por la carretera se deslizan las esperadas citas,

los hallazgos.

Si en cada movimiento de las máquinas

hay un hombre

que quiere

enfrentarse a la muerte y, si en cada movimiento del pulso.

hay un hombre

que quiere

explorar la respuesta del e-mail,

nada gime en la sala, ninguna superficie es agresiva.

Se admira

de la fragilidad del sentimiento,
se satisface
en la devota entrega de sus presas, del hueco en su conciencia.
que las cuida.

El siente la ligera
quietud:
escucha la canción de la nostalgia de una doncella leve
y diminuta
y en una fuente de Sajonia sirve el manjar invisible
de la soledad.

Pero nada es hostil, ni joven ni traidor a la belleza.

Con las banderas,
con el sudor de las competiciones, con el desasosiego
de las citas
vienen los seísmos.

El permanece quieto, enamorado, después de dar tres vueltas
a la llave
de su puerta

p. 48

Reloj de sol
Como dos
mujeres que se amaran entre sí,
se deshabela el agua y acaricia
el hielo,
y tanto lo desea que se hiela
quemándose,
solidificándose
con la materia amada.

¿Qué griterío de gaviotas turba
esta reminiscencia
de transfiguración?

¿Qué ballenas arriesgan su volumen
para palpar en la llanura el cuerpo
contenido de Amundsen?

¿Qué submarinos periscopian albos
abrazos femeninos,
y observan demasiado y no consiguen
consolarse?

Y la luz
inaugura la elipse del jadeo
e inicia un meridiano
de persuasión que asusta a tantos hombres.

Allí,
muy lejos.



RELOJES DE CINE EL RELOJ POLIEDRICO DEL CARDENAL WOLSEY

Por Joan Serra Busquets

Quiso la casualidad que el día 12 de Agosto actual viera el capítulo nº 9 de la serie Los Tudor que emite TVE.

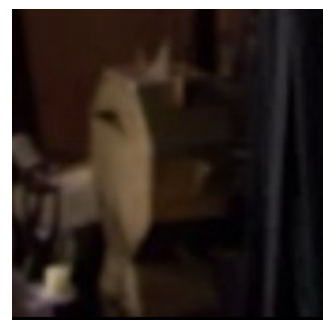
En dos escenas distintas separadas unos veinte minutos entre ellas y ambas ambientadas en el despacho del ambicioso cardenal y canciller de Enrique VIII, **Thomas Wolsey**, aparece sobre su mesa un llamativo reloj poliédrico que, a juzgar por las imágenes parece de latón.



Primera escena en la que aparece el reloj poliédrico.



Segunda escena en la que vuelve aparecer.



Imágenes en detalle y de deficiente calidad del reloj en cuestión.

Se trata de un reloj en forma octogonal con nueve gnomones y del que recordaba perfectamente haber visto uno igual o parecido en la web de *Epact* <http://www.mhs.ox.ac.uk/epact/>.

Esta web contiene numerosas imágenes de instrumentos científicos, y como no, de relojes de sol portátiles de la Europa Medieval y Renacentista, recogiendo las colecciones de los museos de *Museo de la historia de la ciencia de Oxford*, *Instituto y Museo de la historia de la ciencia de Florencia*, *Museo Británico de Londres* y el *Museo Nacional de la historia de la ciencia y de la medicina Boherhaave de Leiden*.

La foto es la nº 398 de la colección y su número de inventario el 54054 del *Museo de la historia de la ciencia de Oxford*



Como puede verse el reloj es idéntico al de la película y muy interesante la explicación que viene al pie de la foto y que reproduzco aquí traducida:

Reloj poliédrico.

Atribuido a **Nicolás Kratzer**.

c. 1525, Londres

Latón dorado, 100 mm de altura.

...

Aunque el instrumento está sin firmar, probablemente fue construido por el matemático alemán **Nicolás Kratzer** que vino a Inglaterra aproximadamente en 1518 y fue astrónomo de Enrique VIII.

Kratzer se hizo miembro del Corpus Christi College, Oxford, y fue lector de las clases de matemáticas fundadas por el cardenal **Wolsey**, arzobispo de York.

El instrumento fue hecho para Wolsey y en los cuatro lados lleva, las armas de Wolsey, las armas de la catedral de York, y en ambos laterales el capelo cardenalicio.

¡Que feliz casualidad! Veo por primera vez la serie empezando en el capítulo 9, en el que casualmente se ve un reloj de sol que resulta ser históricamente cierto y que además, no sólo se conserva el original sino que podemos verlo en foto con todo detalle. Es una de las pocas veces en que la televisión proporciona una alegría y que uno no tiene la sensación de haber perdido el tiempo.

No puedo decir si en los capítulos anteriores ya se ha visto el reloj pero en el capítulo 10 ya no vuelve aparecer porque el argumento hace desaparecer a Wolsey, aunque sí aparece un reloj de arena.

Si tengo ocasión estaré atento a los otros capítulos porque en el nº 9, además del reloj mencionado aparecen otros instrumentos como la esfera armilar y una curiosa vela rodeada por cuatro lupas para aumentar la luminosidad. Es de esperar que en otros capítulos aparezcan otros instrumentos científicos.



© Joan Serra Busquets, 2010

Carpe Diem

Nº 36 Edición trimestral

Revista de gnomónica

Septiembre 2010

La primera revista digital de gnomónica en español
Joan Serra Busquets

POEMA GNOMONICO

Por Antonio Barceló

DESDE LA VENTANA

(Visión gnomónica)

**Al fondo, una cortina de enramada
que corta la vereda de los sueños,
formando, con las hojas enredadas,
un tapiz ora verde o ceniciento.**

**Dos álamos, rientes, lado a lado,
y en el centro, la fuente cristalina
adornada de ranas de alabastro
donde un chorro de agua se ilumina.**

**Y en un claro de luz de aquel vivero,
orgulloso de estar entre las flores,
el cuadrante solar descansa ufano
recibiendo los rayos bienhechores.**

**Feliz recordación de juventudes
que recorrieron y se enamoraron
en los jardines que ahora recordamos
entre sueños de eternas multitudes.**

**¡Adios, jardín de ensueño! ¡Adiós, divinas
apariciones tenues, ya olvidadas!
Os contemplo otra vez, cuando la vida
me acerca nuevamente a la ventana.**

Antonio Barceló R.



Peterhouse college, Cambridge.
Foto: Neus Serra