

**McCm**  
Museo de las Ciencias de Castilla - La Mancha

**RELOJ DE SOL  
HORIZONTAL**

**McCm**  
Museo de las Ciencias de Castilla - La Mancha

# CONSTRUCCIÓN DE UN RELOJ DE SOL

Cuando miramos al cielo, el primer astro que nos llama la atención es el Sol, fuente de luz y de calor para la Tierra. La vida se sostiene gracias a la energía que recibimos del astro rey. Todos los ciclos biológicos están regulados por el curso del Sol, por sus movimientos aparentes.

La Tierra gira de Oeste a Este sobre su propio eje en 24 horas, por lo que aparentemente el movimiento de los cielos es en sentido contrario: todos los astros parecen dar una vuelta en 24 horas alrededor del eje de la Tierra desde el Este hacia el Oeste.

La gran regularidad con la que se mueve el Sol ha permitido, desde la antigüedad, medir el tiempo con su ayuda.

El Sol da una vuelta (360°) en 24 horas, es decir, avanza 15° cada hora. Si colocamos una barra paralela al eje de la Tierra, su sombra avanzará 15° cada hora.

A la hora de construir un reloj de Sol, hay que saber la latitud del lugar en que se está construyendo y conocer donde se encuentra el norte, para colocar correctamente la posición de nuestro reloj.

Una vez construido nuestro reloj y haberlo orientado adecuadamente, hemos de tener en cuenta una serie de cosas para conocer la hora oficial del lugar en el cual estamos, ya que estos relojes nos dan la hora solar, no la oficial, así hemos de tener en cuenta los siguiente puntos:

- ❑ Longitud geográfica: añadiendo por cada grado al oeste que nos alejemos del meridiano 0°, 4 minutos o quitando 4 minutos por cada grado que nos alejemos hacia el este.
- ❑ Ecuación del tiempo: añadiendo o quitando los minutos que marca la tabla según la época del año.
- ❑ Añadir una hora en otoño e invierno y dos en primavera y verano.

Mes	1 al 10	11 al 20	21 al 30
Enero	6	10	12
Febrero	14	14	13
Marzo	11	9	6
Abril	3	0	-2
Mayo	-3	-3	-3
Junio	-1	0	2
Julio	4	6	6
Agosto	6	4	2
Septiembre	-1	-4	-8
Octubre	-11	-14	-16
Noviembre	-16	-15	-13
Diciembre	-9	-5	0
Añadir	1 h. otoño-invierno 2 h. primavera-verano 4' por cada grado al oeste		
Quitar	4' por cada grado al este		

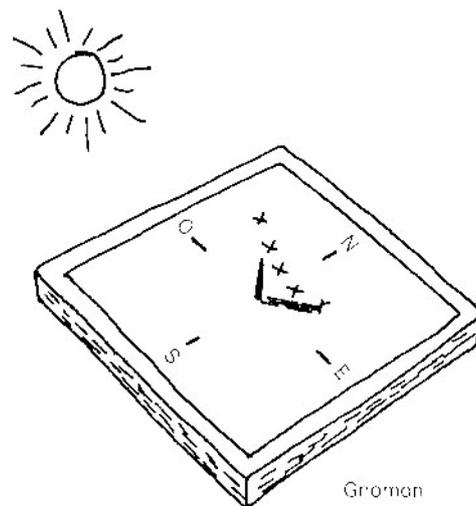
# RELOJES DE SOL

## 1. Movimiento diario del Sol

Sin necesidad de utilizar instrumento alguno, todo el mundo sabe que el Sol, por la mañana sale por algún lugar hacia el Este, que hacia el mediodía está en su punto más alto en el cielo, aproximadamente hacia el Sur, y que al atardecer se pone por algún lugar hacia el Oeste.

Si se usa un **gnomon**, se conseguiría mucha y más precisa información. Pero ¿qué es y cómo funciona un gnomon?. Se pueden construir de diversas maneras, pero una muy sencilla es la de un palo colocado verticalmente en el suelo, y señalando los cuatro puntos cardinales (para lo cual utilizaremos la brújula, o si tenemos un reloj de agujas). Para utilizarlo, señalaremos las posiciones del extremo de la sombra varias veces durante el día y podemos construir gráficas de la altura **h** y del acimut **a** del Sol en función del tiempo **t**, y de **h** en función de **a**.

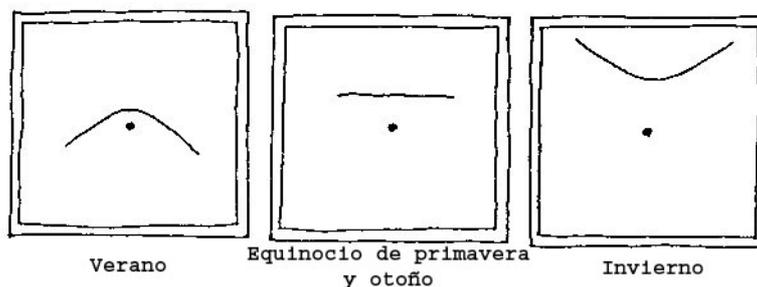
Utilizando estos diagramas, pueden resolverse muchos problemas mas: la **salida** y **puesta del Sol**, su **culminación**, el tiempo oficial en comparación con el tiempo solar verdadero, el uso del gnomon como reloj de sol o buscador de direcciones, etc.



## 2. Variaciones anuales del movimiento del Sol

Con el gnomon también se pueden estudiar, de una forma cuantitativa, las variaciones y el movimiento del Sol a lo largo del año. Sin embargo, por razones prácticas, los resultados pueden ser difíciles de obtener. Lo que se pretende es estudiar las horas de salida y puesta del Sol y cómo varía la altura del Sol en su culminación a lo largo del año.

Si hiciéramos el seguimiento durante las distintas estaciones del año, las curvas que nos saldrían uniendo los extremos de las sombras serían las siguientes:



En la imagen, el Norte es hacia arriba en el hemisferio norte y el Sur hacia arriba en el hemisferio sur. (Por “verano” se entiende los meses alrededor de junio en el hemisferio norte y los meses alrededor de diciembre en el hemisferio sur, etc...).

### 3. Construcción de relojes de Sol.

Todos habréis visto alguna vez un reloj de sol. Normalmente están formados por un **estilete**, cuya sombra se proyecta en un plano o cuadrante en el que están dibujadas las **líneas horarias**, que permiten leer la hora. Este tipo de reloj de sol recibe el nombre de **cuadrante solar**.

El principio de funcionamiento es muy sencillo: el estilete es paralelo al **eje de rotación terrestre** (es decir, apunta exactamente hacia la estrella polar). El Sol, en su movimiento diurno aparente (debido a la rotación de la Tierra alrededor de su eje), da una vuelta completa ( $360^\circ$ ) alrededor de este eje en 24 horas. Por tanto, cada hora gira  $15^\circ = 360^\circ/24$ . La sombra del estilete gira  $15^\circ$  cada hora. La proyección de dicha sombra sobre un plano, en cambio, gira cada hora un ángulo que depende de la orientación del plano.

Los distintos tipos de cuadrantes solares se distinguen por el plano donde se proyecta la sombra del estilete. Si el plano es perpendicular al estilete (es decir, paralelo al ecuador) tenemos un **cuadrante ecuatorial**; es el más fácil de construir. El plano puede ser horizontal (**cuadrante horizontal**), vertical orientado hacia el Sur (**cuadrante vertical orientado**); ambos se construyen fácilmente a partir del ecuatorial. En el reloj de sol típico de la fachada de una casa el plano es vertical, pero no está orientado exactamente hacia el Sur (**cuadrante vertical declinante**); resultando un poco más difícil de construir.

Pero veamos como se construye cada uno de estos tipos de relojes de sol.

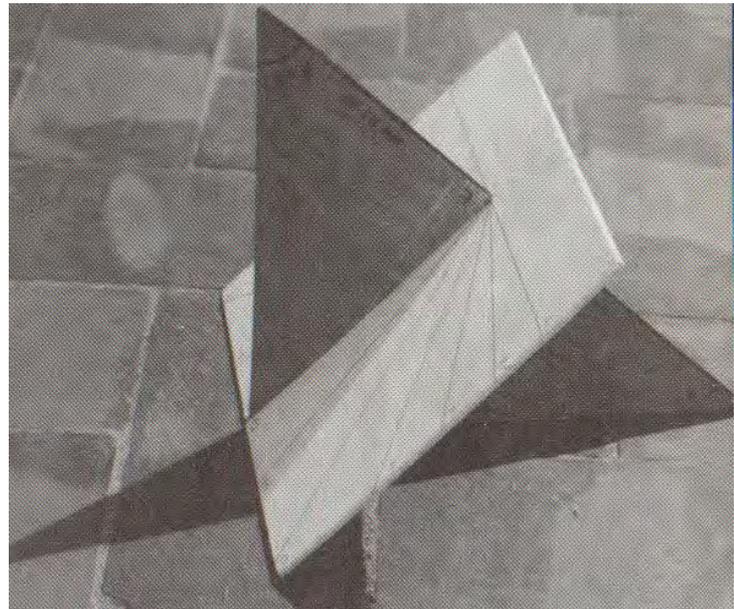
#### 3.1. Cuadrante ecuatorial

Se construye fácilmente con cartón o madera contrachapada. Está formado por dos piezas: el plano con las líneas horarias y el estilete soporte. Las líneas horarias, situadas a intervalos de  $15^\circ$ , deben dibujarse en las dos caras del plano: la cara de otoño-invierno y la de primavera-verano. Las medidas están dadas proporcionalmente, tomando como unidad el radio de la circunferencia  $a$ ). Las medidas del estilete dependen de la latitud del lugar ( $\lambda$ ). La figura b) está dibujada para una latitud de  $41^\circ$ . Por ejemplo, si se quiere construir un cuadrante ecuatorial con un radio de 15cm, para una latitud de  $38^\circ$ , el estilete es un triángulo rectángulo cuyos lados miden:

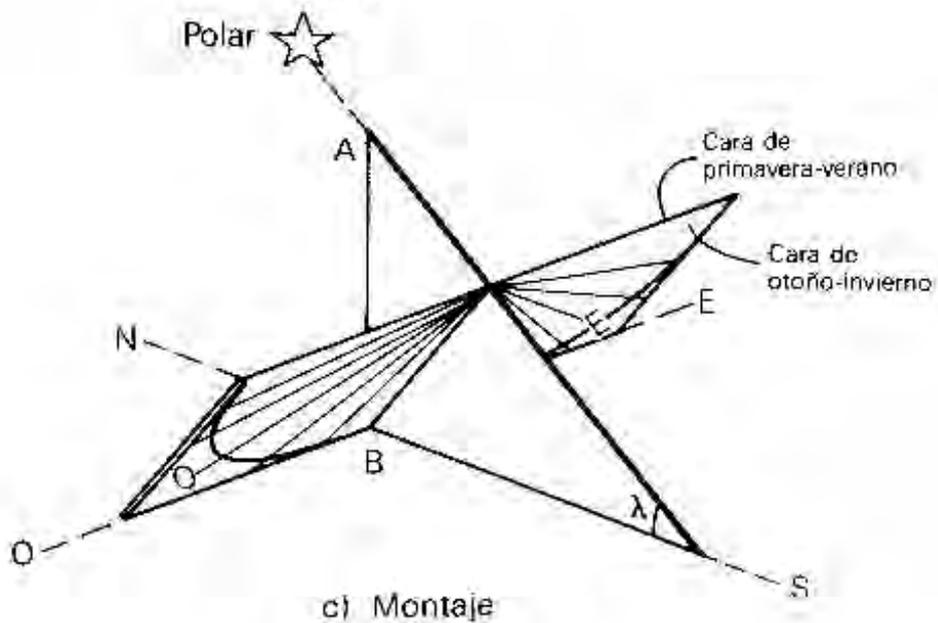
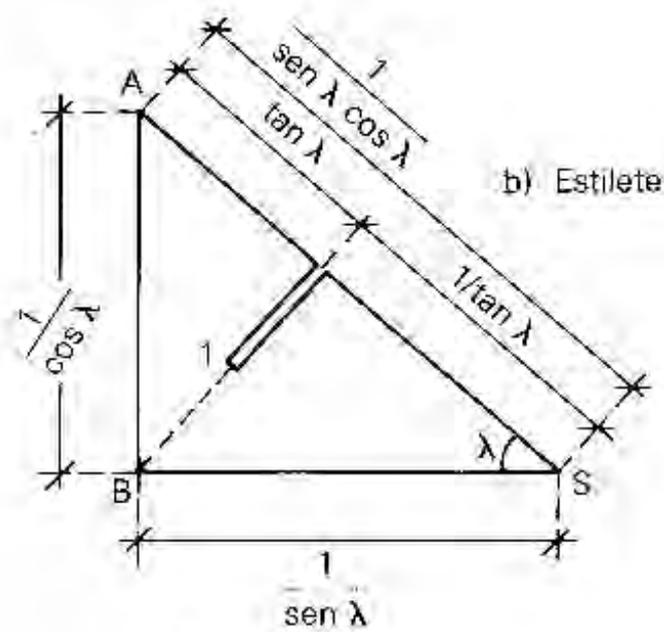
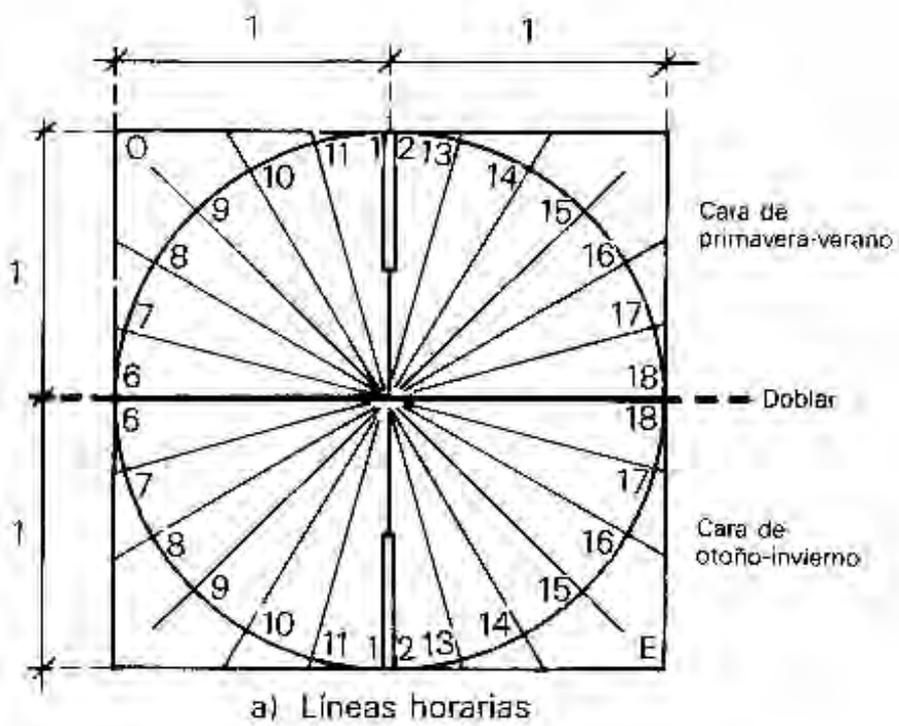
$$\text{Lado AN: } 15/\cos 38^\circ = 19,0 \text{ cm}$$

$$\text{Lado NS: } 15/\sin 38^\circ = 24,4 \text{ cm}$$

$$\text{Lado AS: } 15/(\sin 38^\circ \cdot \cos 38^\circ) = 30,9 \text{ cm}$$

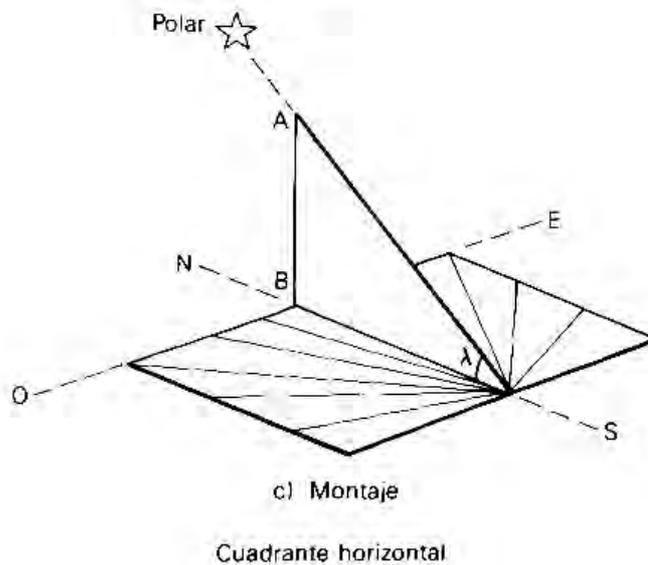
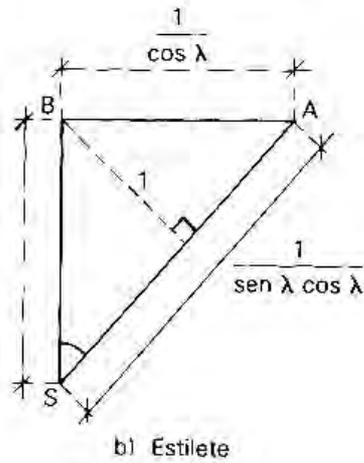
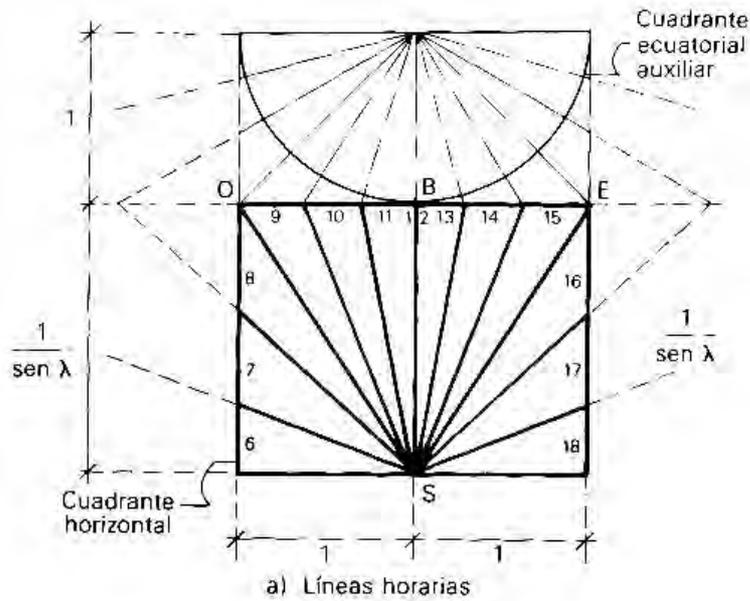


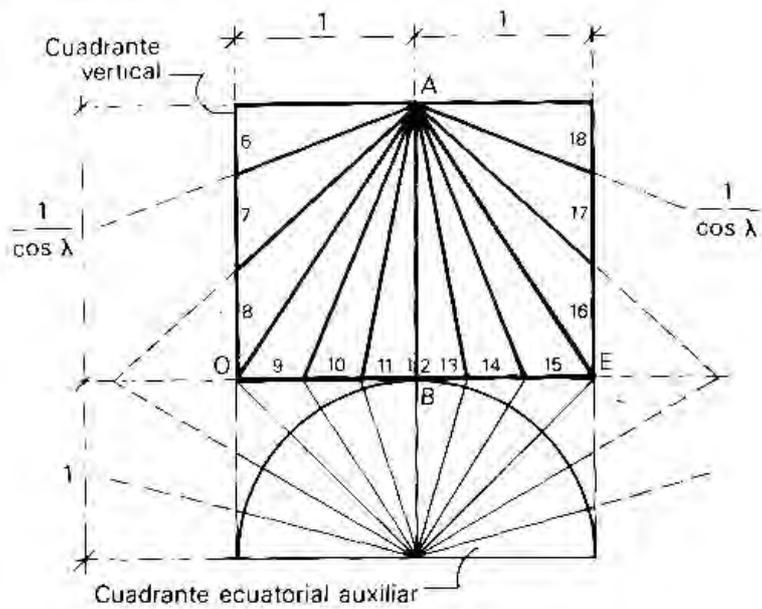
Una vez construidas las dos piezas, se montan tal y como se indica en c). El reloj debe colocarse en un lugar horizontal y orientado correctamente (por ejemplo, con la ayuda de una brújula) como se muestra en c). En otoño e invierno la sombra del estilete se proyecta en la cara inferior, mientras que la superior está totalmente oscura: el Sol está por debajo del plano ecuatorial. En primavera y verano la situación se invierte: el Sol está por encima del plano ecuatorial e ilumina la cara superior, donde puede verse la sombra del estilete.



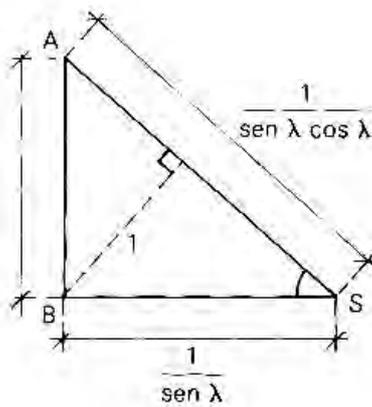
### 3.2. Cuadrante horizontal y vertical orientado

Ambos cuadrantes se pueden construir con cartón grueso o madera contrachapada. Al igual que el cuadrante ecuatorial, están formados por dos piezas: el plano con las líneas horarias a) y el estilete soporte b). Las líneas horarias ya no están igualmente espaciadas y pueden trazarse a partir de las del cuadrante ecuatorial, tal y como se indica en a).

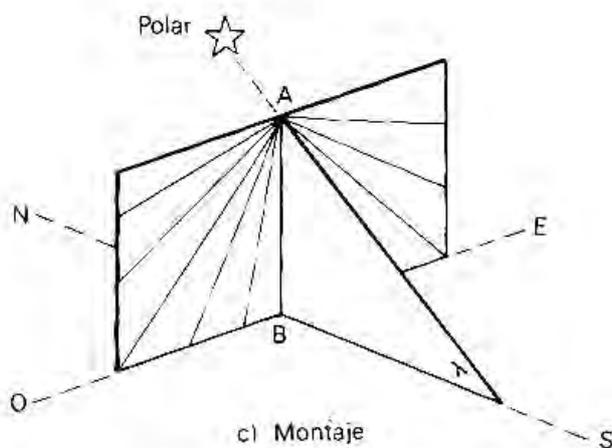




a) Líneas horarias



b) Estilete

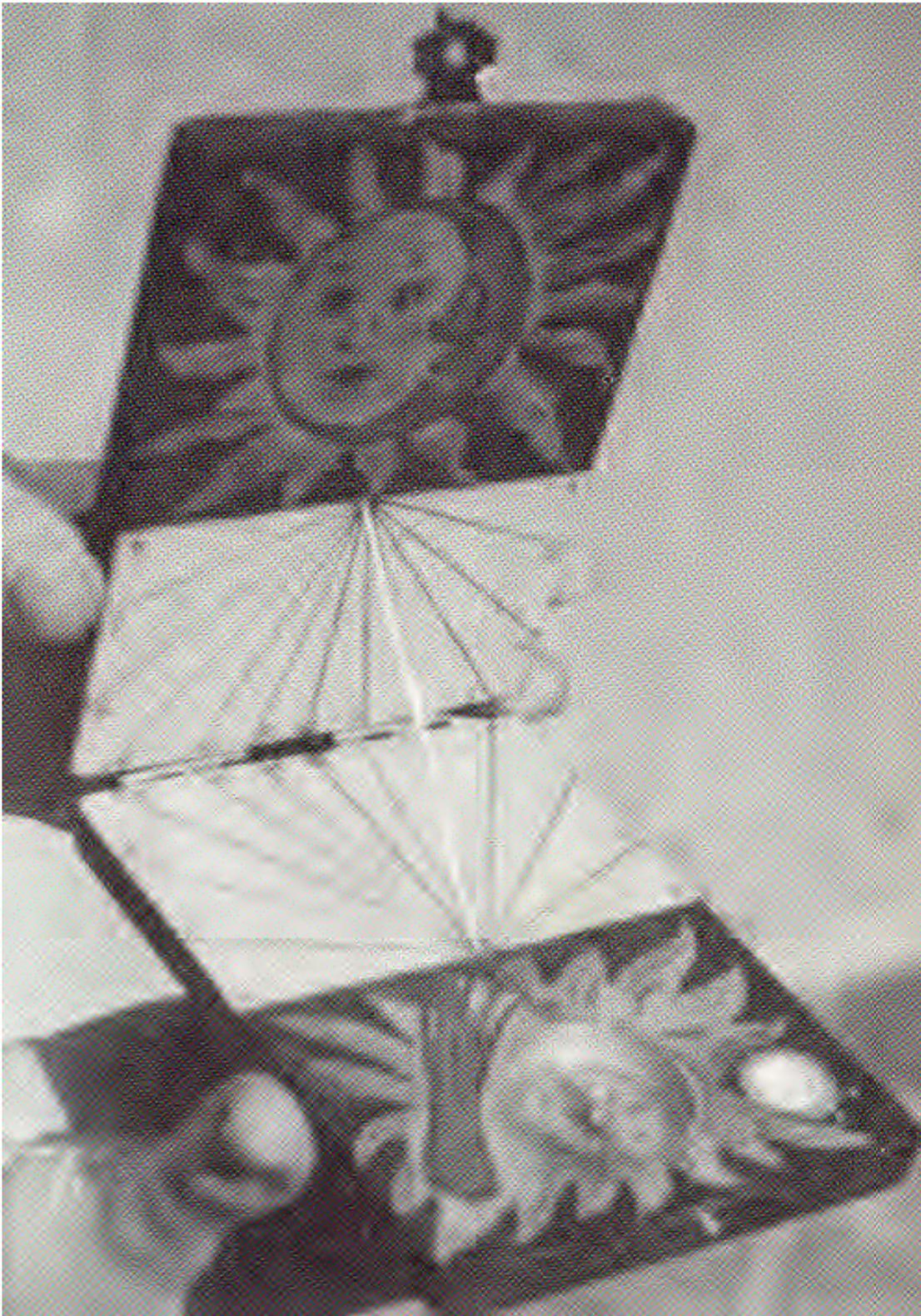


c) Montaje

Cuadrante vertical orientado

Las medidas están dadas en proporción, tomando como unidad el radio de la circunferencia auxiliar. Una vez construidas las dos piezas, el cuadrante se monta y se instala en un lugar horizontal, orientado correctamente de forma que el plano del estilete esté en dirección N-S.

Los cuadrantes horizontal y vertical pueden construirse juntos, formando un único reloj de sol. Basta construir las piezas a), un sólo estilete y montarlas todas juntas, haciendo coincidir los vértices correspondientes marcados con la misma letra.



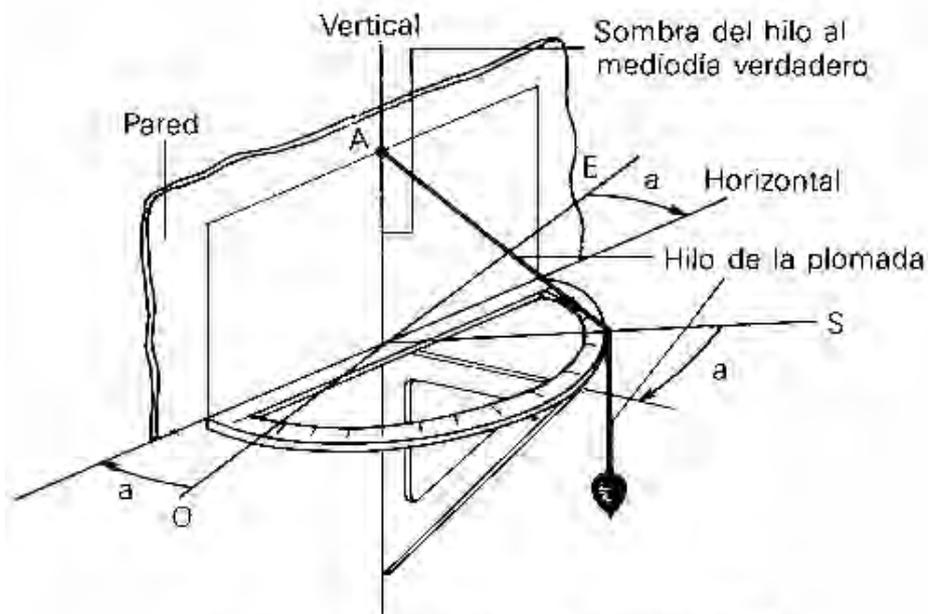
### 3.3. Cuadrante vertical declinante

Es el tipo de reloj que se construye en una pared ya existente, con una orientación cualquiera. La construcción de un reloj de este tipo es un proyecto de cierta envergadura, indicado para el trabajo de varias personas.

Primero hay que elegir la pared donde se quiere construir el reloj. Conviene que esté orientada más o menos hacia el Sur, de forma que tenga el máximo de horas de iluminación; recordemos que el reloj de sol marca la hora únicamente cuando el Sol ilumina la pared.

Una vez elegida la pared, hay que medir su orientación. El ángulo de orientación,  $a$ , es el ángulo formado por la dirección Sur y la perpendicular a la pared, en sentido positivo hacia el Oeste. Por ejemplo, si  $a = 90^\circ$  indica que la pared orienta hacia el Oeste; si  $a = -45^\circ$ , la pared está orientada hacia el Sureste. La orientación de la pared se puede determinar aproximadamente con la ayuda de una brújula.

Un método más preciso es el de la siguiente figura.



Medida de la orientación de una pared

Se necesita una escuadra, un transportador de ángulos (cuanto más grande mejor) y una plomada. Primero se averigua el instante del mediodía verdadero para el día elegido en concreto. El mediodía verdadero puede hallarse promediando las horas de salida y puesta del Sol (contadas de 0 a 24 horas), que encontraremos en el periódico o en alguna efemérides solar. Por ejemplo, si la hora de salida es 7h 14m y la puesta 17h 44m, la suma nos da 24h 58m, promediando nos sale el mediodía verdadero a las 12h 29m.

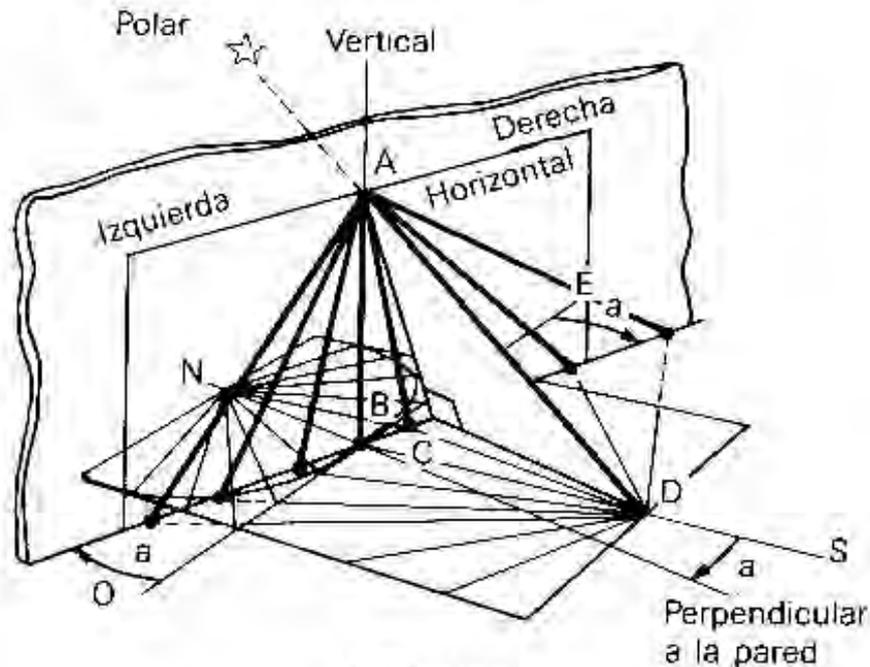
Tal como indica la figura, en el instante del mediodía verdadero se coloca el hilo de la plomada sobre un punto del transportador (colocado horizontalmente y perpendicular a la pared) de modo que la sombra del hilo sea vertical. Este punto del transportador nos indica la dirección exacta del Sur. El ángulo entre este punto y el punto perpendicular a la pared es el ángulo buscado  $a$ .

Una vez conocida la orientación  $a$ , se dibujan las líneas horarias. Se pueden dibujar primero sobre papel y luego pasarlas a la pared. En a) se indica el proceso a seguir. Primero dibujamos las líneas horarias en un cuadrante horizontal, como el que ya vimos, pero formando un ángulo  $a$  con la vertical. Si  $a$  es positivo (pared hacia el Oeste) el cuadrante horizontal se dibuja desviado hacia la derecha, como se ve en la figura a). Si  $a$  es negativo (pared hacia el Este) el cuadrante horizontal se dibuja desviado hacia la izquierda.



Las líneas horarias del cuadrante horizontal se prolongan hasta cortar la línea horizontal que pasa por B. Los puntos de intersección se unen con el punto A para obtener las líneas horarias buscadas. La línea de las 12 debe quedar siempre vertical.

El dibujo del estilete se ve en la figura b). El lado AC es el que va pegado a la pared. El estilete se presenta abatido sobre el plano de la pared. La posición real del estilete lo vemos representado en la figura c), con el plano del estilete, ACD, perpendicular a la pared.



c) Montaje

### Cuadrante vertical declinante

A la hora de construir un reloj de Sol, hay que saber la latitud del lugar en que se está construyendo y conocer donde se encuentra el norte, para colocar correctamente la posición de nuestro reloj.

Mes	1 al 10	11 al 20	21 al 30
Enero	6	10	12
Febrero	14	14	13
Marzo	11	9	6
Abril	3	0	-2
Mayo	-3	-3	-3
Junio	-1	0	2
Julio	4	6	6
Agosto	6	4	2
Septiembre	-1	-4	-8
Octubre	-11	-14	-16
Noviembre	-16	-15	-13
Diciembre	-9	-5	0
Añadir	1 h. otoño-invierno 2 h. primavera-verano 4' por cada grado al oeste		
Quitar	4' por cada grado al este		

Una vez construido nuestro reloj y haberlo orientado adecuadamente, hemos de tener en cuenta una serie de cosas para conocer la hora oficial del lugar en el cual estamos, ya que estos relojes nos dan la hora solar, no la oficial, así hemos de tener en cuenta los siguiente puntos:

- Longitud geográfica: añadiendo por cada grado al oeste que nos alejemos del meridiano 0°, 4 minutos o quitando 4 minutos por cada grado que nos alejemos hacia el este.
- Ecuación del tiempo: añadiendo o quitando los minutos que marca la tabla según la época del año.
- Añadir una hora en otoño e invierno y dos en primavera y verano.