

## CAPITULO IV

### GNOMÓNICA

Teoría y principios de los relojes de Sol ó cuadrantes solares. — Construcción y trazado de los cuadrantes solares

Es fácil de determinar la hora de un punto terrestre, cuya longitud sea conocida, por la observación del paso por el meridiano de una de las estrellas llamadas fundamentales; el momento de este paso, según llevamos explicado, indica el tiempo sidéreo, que sin mayor dificultad se transforma en tiempo solar. Los marinos y geógrafos se valen también de otros métodos; pero todos ellos exigen instrumentos especiales, que los antiguos desconocían, y que, aun hoy día, no se encuentran al alcance de la mayor parte de las gentes, que tienen necesidad de arreglar sus relojes de un modo exacto, ó al menos, con errores de poca monta.

Valiáanse con tal objeto los antiguos astrónomos de unos instrumentos fijos llamados *gnómones*, de una voz griega que significa *estilo recto ó regla recta*. En la actualidad se hace uso con más ventaja de los relojes de sol ó cuadrantes solares, cuyo origen se pierde en la noche de los tiempos, y que, así como los gnómones ó esciaterios, señalan la hora, por medio de las sombras proyectadas por un eje fijo, sobre un plano, al lado contrario del Sol.

Gnomónica es la ciencia que enseña á construir los instrumentos que sirven para averiguar la hora por medio del Sol ó de la Luna.

Exige la construcción de un cuadrante solar que primeramente se trace la meridiana del lugar en que se va á erigir el instrumento; esta línea, por decirlo así, forma parte esencial de todo gnomon. Principiemos, pues, por indicar los medios que sirven para el trazado de la meridiana.

Hemos visto que se da el nombre de meridiana al trazo ó proyección del meridiano sobre el horizonte, y que á mediodía verdadero, cuando el Sol alcanza su mayor altura, se encuentra su centro precisamente en el meridiano. De modo que, si en este instante se fija verticalmente una regla en el plano horizontal en que queremos trazar la meridiana, la sombra que proyecte la regla sobre este plano se encontrará asimismo en el plano vertical que pasa por el centro del Sol, y coincidirá, sin duda alguna, con la meridiana que se busca. Como el Sol obtiene entonces su altura máxima, la sombra del estilo será lo más corta posible; pero esta circunstancia no permite que se trace la meridiana con gran precisión, puesto que el Sol camina en este punto con gran lentitud, y un poco antes, ó algo después del mediodía, la longitud de la sombra varía de un modo casi insensible y en cantidad pequeñísima.

Ha sido menester, por tanto, buscar otro método, fundado en la igualdad longitudinal de las sombras proyectadas por el estilo, cuando el Sol se encuentra, antes y después del mediodía, en planos verticales, que formen un ángulo igual con el plano meridiano. Esta igualdad es rigurosa, sobre todo en la época de los solsticios de verano y de invierno, pues entonces varía la declinación del Sol de un modo inapreciable en el curso del día.

Para trazar la meridiana en un plano horizontal, ya con anterioridad establecido por medio del nivel, se clava ó fija en el centro una regla metálica ó de madera, en una posición rigurosamente vertical, posición que se comprueba haciendo uso de la plomada. Del pie del estilo se describe una serie de circunferencias concéntricas, y antes y después del mediodía se marcarán los puntos de estas circunferencias en que termine la sombra

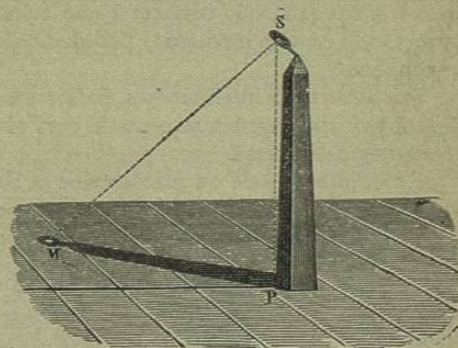


Fig. 148. — Gnomon: determinación de la altura meridiana del Sol

de la punta de la regla; los ángulos que forman los radios tirados á los dos puntos de cada circunferencia se encontrarán precisamente divididos en dos partes iguales, por la meridiana que se busca; bastará, pues, efectuar esta división por los procedimientos geométricos, para obtener la dirección de esta línea, sirviendo de comprobación mutua los diversos resultados que se obtengan.

Es preferible, en vez de usar una varilla ó regla terminada en punta, colocar una placa agujereada en el extremo superior del estilo, pues de esta suerte se forma sobre el plano horizontal una imagen redonda del Sol, y su centro se elige para marcar los puntos de las circunferencias.

Los antiguos empleaban por lo común un gran obelisco, pirámide de escasa base ó columna, erigida en un lugar descubierto; en su vértice colocaban una esfera ú otra figura, cuya sombra proyectada en el suelo señalaba las horas según las diversas posiciones que venía ocupando en el transcurso del día.

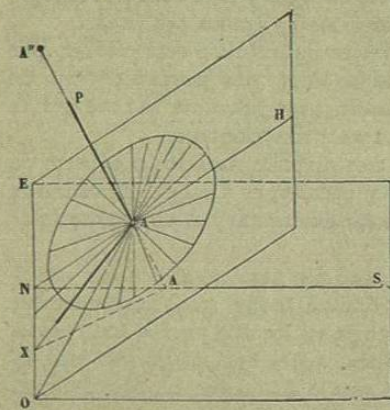


Fig. 149. — Cuadrante solar ecuatorial

Servían, por lo común, los gnómones para medir la altura meridiana del Sol en las distintas épocas del año; en efecto, el centro M de la imagen del Sol, el centro S del orificio de la placa y el pie P de la vertical bajada de este último punto sobre el suelo, son los tres vértices de un triángulo rectángulo cuyos dos

lados S P y M P se conocen. La longitud de S P se determina de una vez para siempre y la longitud M P se mide fácilmente el día en que se efectúa la observación. El ángulo S M P, ó sea la altura angular del Sol sobre el horizonte, se deduce sin dificultad.

También puede trazarse la meridiana por enfilaciones nocturnas con las estrellas; basta para ello conocer á qué hora pasa por el meridiano la polar, determinando en este momento, por medio de dos plomadas, el plano vertical que la contiene.

Sentados estos preliminares, indicaremos cuál es el principio de los relojes de Sol y de qué manera se procede para el establecimiento de los aparatos más corrientes de su clase.

En el intervalo de un día describe el Sol, como es sabido, poco más ó menos, un paralelo con movimiento uniforme; de tal modo, que su centro viene á coincidir sucesivamente con los círculos de declinación que han recibido el nombre de círculos horarios, describiendo arcos de  $15^{\circ}$  de amplitud por hora de tiempo. Claro está que si se pudiese determinar en un momento cualquiera del día la posición del círculo horario en que el Sol se encuentra en este instante, se conocería la hora por una sencilla transformación de los grados, minutos y segundos de arco, en horas, minutos y segundos de tiempo, á razón de 15 grados por hora.

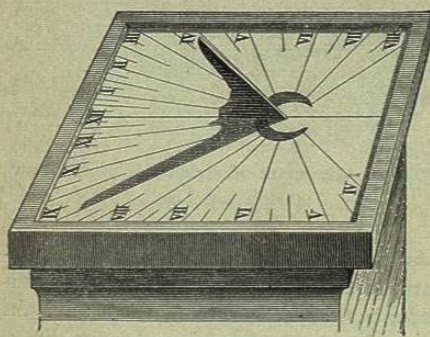


Fig. 150. - Cuadrante solar horizontal

El objeto que llenan los cuadrantes solares es substituir á este cálculo, por demás sencillo, la construcción geométrica de las líneas que marcan el trazo de los círculos horarios sobre un plano determinado, averiguándose la hora por la coincidencia de la sombra del estilo, con los trazos mencionados.

Nos limitaremos á señalar el trazado de tres diversos modelos ó géneros de cuadrantes solares, por ser los más sencillos y usuales; es á saber, el cuadrante solar equinoccial ó ecuatorial, el cuadrante solar horizontal y el cuadrante solar vertical.

*Cuadrante ecuatorial.* - Supongamos un plano fijo paralelo al ecuador celeste; su traza sobre un plano horizontal será la línea E O (fig. 149) perpendicular á la meridiana N S, terminando por consecuencia en los dos puntos Este y Oeste del horizonte. El trazo del plano meridiano sobre este plano será una línea N H perpendicular á E O y que formará con la meridiana un ángulo igual al complemento de la latitud del lugar ( $49^{\circ} 35' 30''$  para Madrid).

En un punto A del plano dado se levanta un estilo que le sea perpendicular y paralelo, por tanto, al eje del mundo; su inclinación sobre el horizonte será, pues, igual á la latitud del lugar ( $40^{\circ} 24' 30''$  para Madrid). Describamos del pie del estilo, tomado como centro, una circunferencia y dividámosla, partiendo del diámetro NH, en 24 sectores iguales, por radios equidistantes. Es evidente

que estos radios no serán más que los trazos de los 24 círculos horarios sobre el plano paralelo al ecuador; pero como el estilo se encuentra asimismo en cada uno de estos planos y en la intersección común de todos, cuando el Sol coincide con uno de ellos, coincidirá la sombra del estilo con el radio que forma su trazo, y marcará, por tanto, la hora verdadera del momento de la observación.

La línea N H es la hora en que el Sol se encuentra en el meridiano, es decir, medio día verdadero; se marcará, pues, XII<sup>b</sup>. Los radios situados al Oeste de esta línea indican las horas de la mañana, y los de la parte contraria, ó sean los del Este, las horas de la tarde; el diámetro horizontal da las VI<sup>b</sup> de la mañana y las VI<sup>b</sup> de la tarde.

Es evidente que, durante la primavera y el verano, la sombra la producirá la parte superior del estilo, proyectándose en la cara superior del cuadrante, toda vez que entonces es boreal la declinación del Sol. En otoño y en invierno caerá la sombra en la cara inferior. Por último, en la época de los equinoccios, como el Sol se encuentra en el plano del cuadrante, se hace necesario levantar en éste una especie de reborde ó aro en donde se proyecte la sombra del estilo.

Constrúyense también cuadrantes solares ecuatoriales transparentes, en los cuales puede observarse la hora sobre la misma cara en todas las épocas del año.

*Cuadrante horizontal.* - Prolonguemos el estilo P A (fig. 149) hasta el punto A' del plano horizontal, y la línea A P de las X<sup>b</sup> hasta el trazo E O; unamos en seguida A' X, y, evidentemente, esta última línea será el trazo del círculo horario de X<sup>b</sup> sobre el plano horizontal. La sombra del estilo coincidirá, pues, en tal hora con la línea A X; una construcción análoga nos dará los trazos horizontales de los demás círculos horarios, y su conjunto formará el cuadrante solar horizontal, cuyo estilo, como vemos, es siempre una línea paralela al eje del mundo ó línea de los polos.

Por lo general se instalan los relojes de Sol en una ventana ó sobre un pilar en un jardín ó terrado (fig. 150); mas también se construyen portátiles, y para utilizarlos es necesario ante todo saber orientarlos, es decir, determinar la meridiana del lugar en que se observa.

*Cuadrante meridional vertical.* - Si por la línea O E (fig. 149) se levanta un

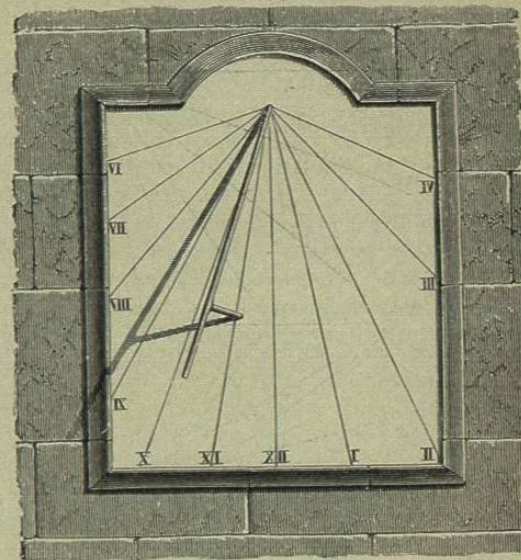


Fig. 151. - Cuadrante solar vertical declinante

plano vertical, el estilo del cuadrante ecuatorial vendrá á cortarlo en un punto A". Uniendo este último punto con todos los que marcan las intersecciones de las líneas horarias con O E, cada línea de las obtenidas nuevamente se encontrará en el círculo horario correspondiente, de modo que la sombra del estilo vendrá á coincidir con esta última al encontrarse el Sol precisamente en este

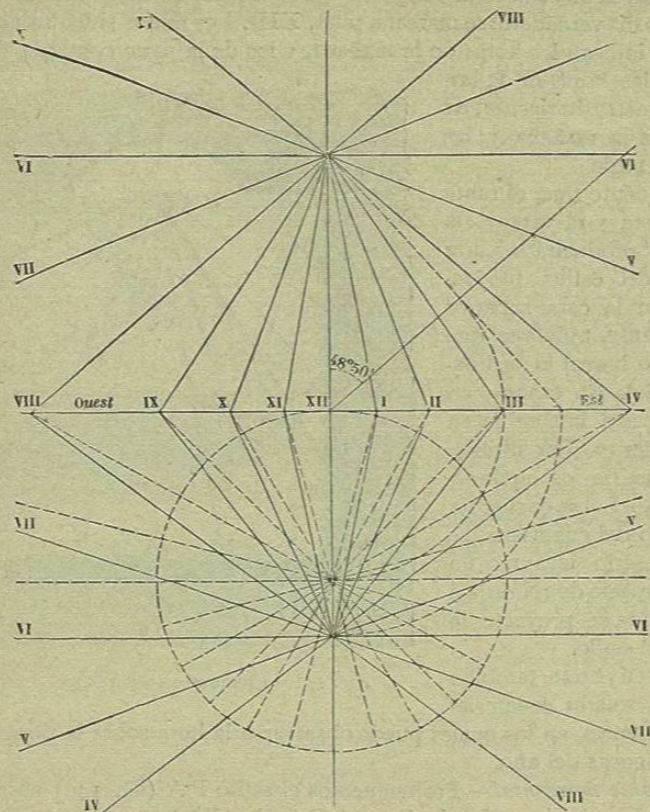


Fig. 152. - Construcción de los cuadrantes solares verticales ú horizontales

círculo. Habremos, pues, construído un cuadrante solar vertical, y como su plano mira hacia el Sur, será un cuadrante vertical meridional.

Fácil es ver que semejante reloj no podrá señalar las horas sino desde las 6 de la mañana á las 6 de la tarde, por manera que sus indicaciones se contraerán á las estaciones de otoño é invierno. Un cuadrante que mirase hacia el Norte completaría estas indicaciones, marcando las horas que preceden á las 6 de la mañana ó posteriores á las 6 de la tarde, en la primavera y verano.

Los cuadrantes verticales se trazan, por lo común, en las paredes de las casas ó de los edificios públicos; pero como es raro que estos muros se encuentren

en una dirección perpendicular al meridiano, se trazan, siguiendo siempre los mismos principios, cuadrantes verticales que en este caso se llaman declinantes. La fig. 151 representa uno de estos relojes, trazado en un muro vertical que forma un ángulo de 18 grados con la línea Este-Oeste.

Marcan los cuadrantes solares las horas indicadas por el Sol, esto es, el tiempo verdadero; si se trata de utilizarlos para arreglar los relojes, hay necesidad de aplicar á sus indicaciones una corrección que es la ecuación de tiempo, en otro lugar de este libro explicada, respectiva al día de la observación, obteniéndose de tal modo el tiempo medio.

En la figura anterior presentamos el croquis de la construcción geométrica de las líneas horarias de un cuadrante horizontal y de un cuadrante vertical meridional, deducidas de la supuesta construcción de un cuadrante solar ecuatorial. Claro está que no hay necesidad de realizar esta última de un modo material y que basta para el caso con saber la latitud del lugar en que va á instalarse el reloj. Las líneas de puntos de la mitad inferior del croquis no son sino las líneas horarias del cuadrante ecuatorial, rebatidas sobre el plano horizontal; una vez trazadas, dan por sus intersecciones con la línea Este-Oeste los puntos que hay que unir con el pie del estilo, bien en el plano horizontal, ya en el vertical, para obtener las líneas horarias de cada reloj. Finalmente, la posición del pie del estilo se obtiene rebatiendo una línea que pase por el centro del cuadrante ecuatorial y que forme un ángulo con el plano vertical, del mismo valor que el complemento de la latitud del lugar.