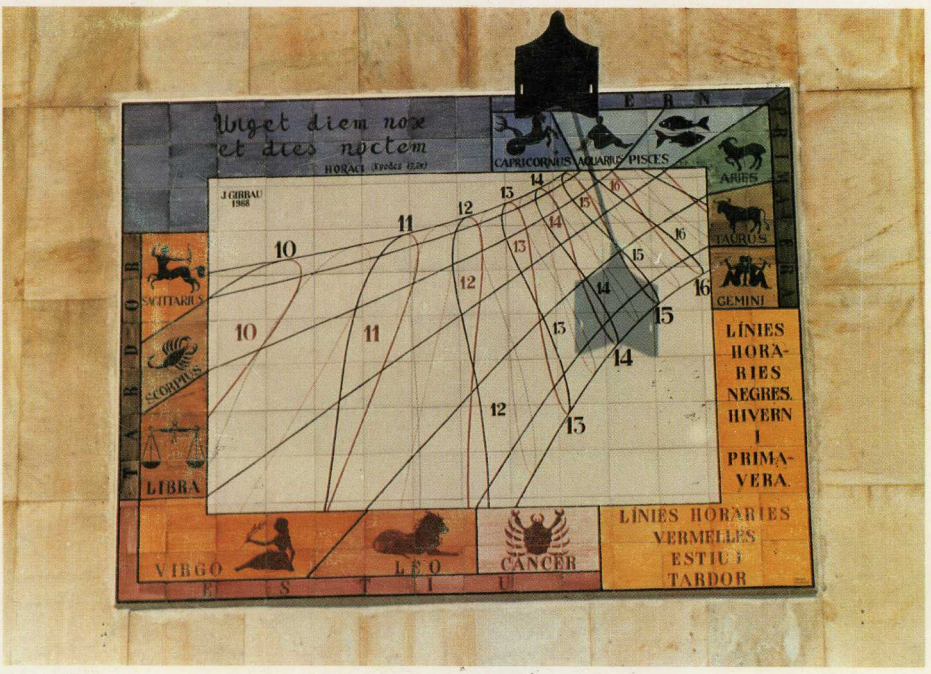
Facultat de Ciències



Joan Girbau

Rellotges de sol

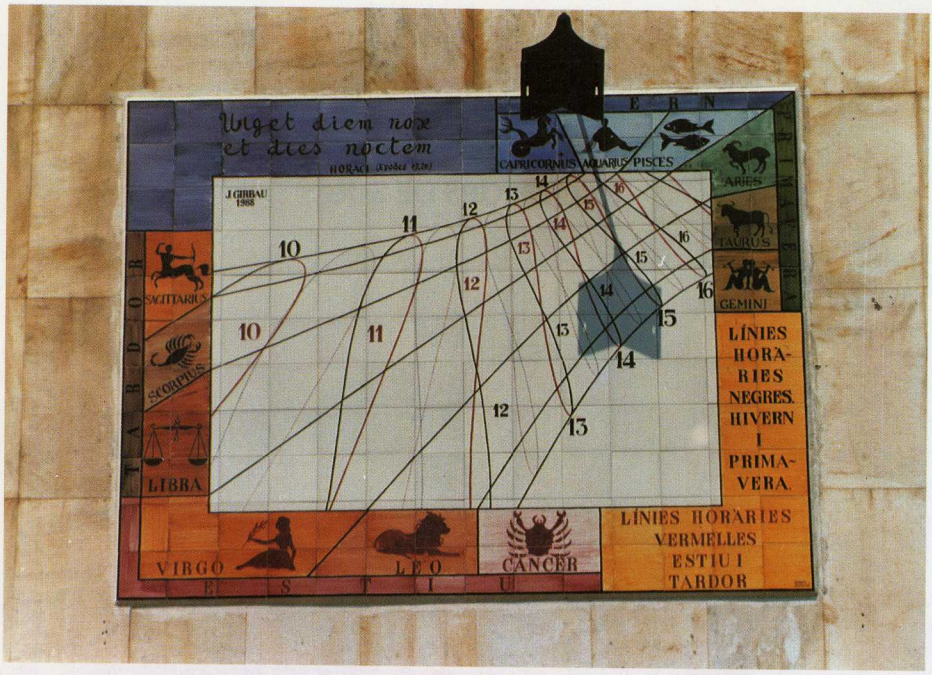
29
ir
Universitat Autònoma de Barcelona
Servei de Biblioteques
1500765503

UAB
Universitat Autònoma de Barcelona

20 FEB. 2001

Biblioteca
d'Humanitats

RELLOTGES DE SOL


Ubiget diem nox
et dies noctem
HORACI
J. GIRBAU
1988
E R N
CAPRICORNUS AQUARIUS PISCES
ARIES
TAURUS
GEMINI
SAGITTARIUS
SCORPIUS
LIBRA
TARDOR
LÍNIES HORÀRIES NEGRES HIVERN I PRIMAVERA
LÍNIES HORÀRIES VERMELLES ESTIU I TARDOR
VIRGO
LEO
CÀNCER
E S T I U

Departament de Matemàtiques
Universitat Autònoma de Barcelona

Rellotges de sol

Joan Girbau

Conferència
pronunciada el 15 de novembre de 1988
a la Facultat de Ciències
de la Universitat Autònoma de Barcelona
arran de la festivitat de
St. Albert Magne,
patró de la Facultat

Bellaterra, novembre de 1988

1500765503

Edita: Universitat Autònoma de Barcelona
Imprimeix: Universitat Autònoma de Barcelona
08193 Bellaterra (Barcelona)
Dipòsit Legal: B. 36.894-1988
Printed in Spain

Introducció

A la lliçó del dia de sant Albert, tradicionalment, el conferenciant parla d'un tema relacionat amb la recerca que està realitzant. Enguany l'equip deganal m'ha demanat a mi que parli sobre rellotges de sol. L'encàrrec és comprensible ja que jo he estat qui ha construït el de la Facultat, que va ser inaugurat al passat mes de juny. Voldria deixar clar, però, que aquest tema, que m'apassiona, no està en absolut relacionat amb la meva àrea d'investigació. No he publicat cap article a cap revista científica sobre aquesta matèria i no tinc pas intenció de fer-ho, car crec que hom no pot fer avenços teòrics significatius en aquest camp. Sí, però, que amb l'ajuda dels ordinadors i dels plotters hom pot dibuixar ara fàcilment les línies horàries de temps solar mitjà, cosa que abans resultava impracticable. Per aquesta raó estem ara en condicions de construir rellotges de sol d'una precisió que fa uns anys era inimaginable. Pensem, sense anar més lluny, que a començament de segle el galimatias horari a Barcelona era extraordinari. Hi havia rellotges (mecànics) a diverses parròquies, i no era estrany que les diferències entre aquests fossin de l'ordre dels deu minuts. Fins

que no es va instal·lar el de l'Acadèmia de Ciències no va existir una referència sòlida per posar diàriament a l'hora els diferents rellotges. Si llavors haguessin tingut (com podem tenir ara) rellotges de sol amb una precisió de l'ordre d'un minut, aquest problema no se'ls hauria presentat.

Us heu parat mai a pensar en l'aparent simplicitat d'un rellotge de sol? Unes línies dibuixades sobre una paret (o a terra), un objecte que fa ombra, i res més. No obstant això, tot el coneixement de l'òrbita terrestre (lleis de Kepler), tot el coneixement de l'astronomia de posició estan tancats en aquell dibuix. Algú m'ha suggerit manta vegada d'introduir algun mecanisme en els meus rellotges de sol per millorar això o allò altre. Jo crec, però, que el que fa que un rellotge de sol sigui tan bonic és la seva simplicitat. Si hi posem qualsevol mena de mecanisme, perd tota la seva gràcia.

Canviem una mica la línia amb què he iniciat aquesta conferència, car heu vingut aquí, no pas per sentir-me elogiar els rellotges de sol, sinó per entendre'n el seu funcionament i conèixer, per tant, la manera de construir-los.

Part I

Teoria qualitativa dels rellotges de sol (sense fórmules)

I.1 La volta celest i el moviment del sol

Fins al Renaixement, hom va creure que totes les estrelles estaven enganxades a una esfera que tenia com a centre el de la Terra. Aquesta esfera, que anomenarem volta celest, tenia el seu radi molt gran en comparació amb el de la Terra, i girava uniformement entorn de l'eix determinat pels dos pols. Per contra, el nostre planeta estava immòbil. Això explicava el moviment aparent de tots els estels durant la nit, que sembla que giren entorn de l'eix que uneix l'observador i l'estrella polar.

Malgrat que ara sabem que la volta celest no existeix i que és la Terra la que gira diàriament entorn del seu eix, per a molts problemes d'astronomia de posició és molt útil l'antic punt de vista. A fi de comptes, si el que ens interessa és el moviment relatiu respecte de nosaltres, podem perfectament suposar que les estrelles es mouen i nosaltres estem quiets. D'altra banda, si fem abstracció de les distàncies a què es troben les diferents

estrelles, el que nosaltres en veiem queda determinat pel raig de llum que uneix l'estrella amb l'observador. Aquest raig talla en un únic punt la (imaginària) volta celest. Per tant, nosaltres veiem aquella estrella com si estigués veritablement enganxada a l'esfera.

L'avantatge d'utilitzar el concepte de volta celest (encara que no existeixi materialment) és que, com que es tracta d'una esfera, la podem dotar de coordenades similars a la latitud i la longitud geogràfiques.

Quan s'adopta aquest punt de vista, qualsevol observador situat en un punt de la Terra es pot suposar que està al centre de la volta celest (ja que el radi terrestre és infinitament petit en comparació amb el d'aquella). L'angle que forma l'eix de rotació de la volta celest (que uneix l'observador amb un punt situat molt a prop de l'estrella polar) amb el pla horitzontal de l'observador, no és altra cosa que la latitud geogràfica de l'observador, com queda patent al dibuix de la figura 1.

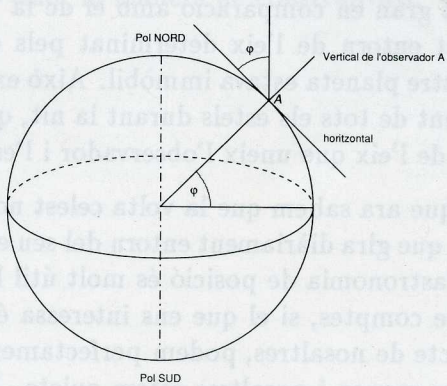


Figura 1

El sol, al contrari del que passa amb les estrelles, no està enganxat a la volta celest, ja que canvia de posició respecte de les estrelles "fixes". Si l'observem durant un dia, sembla que estigui enganxat a aquella esfera, car sembla que té el seu moviment. Com les altres estrelles, surt per l'est i es pon per l'oest, descrivint un paral·lel celest. Però en el transcurs dels dies ens adonem que la seva posició respecte de les altres estrelles va canviant, descrivint, durant l'any, un cercle màxim de la volta celest que s'anomena eclíptica, i que forma amb l'equador celest un angle aproximat de $23^0 27'$. En realitat no és el sol qui es mou, sinó nosaltres. L'eclíptica, per tant, és la trajectòria de la Terra en el seu moviment entorn del Sol (una el·lipse). Però nosaltres veiem les coses com si s'esdevinguessin de la manera que hem explicat abans. Els dos punts de l'esfera celest on l'eclíptica talla l'equador corresponen als dos equinoccis. La inclinació de l'eclíptica respecte de l'equador és la causa de les estacions (vegeu figura 2).

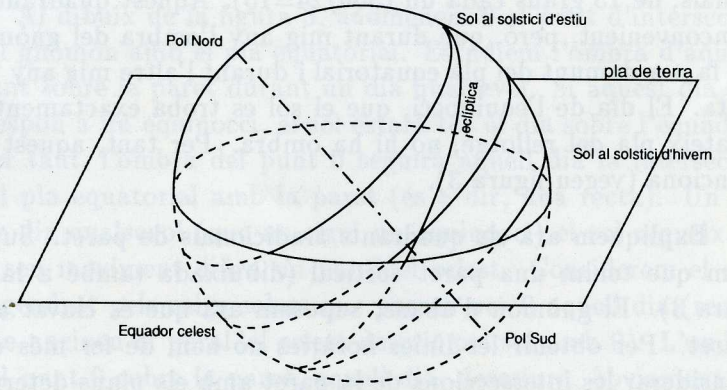


Figura 2

I.2 Rellotges de sol tradicionals

Un dia solar és el temps transcorregut entre dos passos consecutius del sol per un mateix meridià. El dia solar es divideix en 24 parts iguals, les hores. Apressem-nos a dir que aquest no és el temps que marquen els rellotges mecànics, però sí el dels rellotges de sol tradicionals.

El rellotge de sol més senzill que podem imaginar és l'anomenat quadrant equatorial. Consisteix en un estil (o gnòmon) paral·lel a l'eix de rotació de la Terra (o de la volta celest, com es vulgui) que projecta la seva ombra sobre un pla perpendicular a aquest (un pla paral·lel al de l'equador). Quan el sol passa pel meridià de l'observador són les 12. Llavors, l'ombra del gnòmon seguirà la línia d'intersecció del pla del rellotge (pla equatorial) i el pla del meridià. Com que el sol durant el dia segueix un paral·lel celest (contingut en un pla paral·lel al del rellotge), les línies de cada hora estan separades per intervals angulars iguals, de 15 graus cada un (360/24=15). Aquest quadrant té l'inconvenient, però, que durant mig any l'ombra del gnòmon es fa per damunt del pla equatorial i durant l'altre mig any per sota. El dia de l'equinocci, que el sol es troba exactament al mateix pla del rellotge, no hi ha ombra. Per tant, aquest no funciona (vegeu figura 3).

Expliquem ara els quadrants tradicionals de paret. Suposem que tenim una paret vertical (dibuixada també a la figura 3). El gnòmon d'abans, suposem ara que és clavat a la paret. Per obtenir les línies horàries no hem de fer més que considerar les interseccions de la paret amb els plans determinats pel gnòmon i les línies horàries dibuixades sobre el pla equatorial.

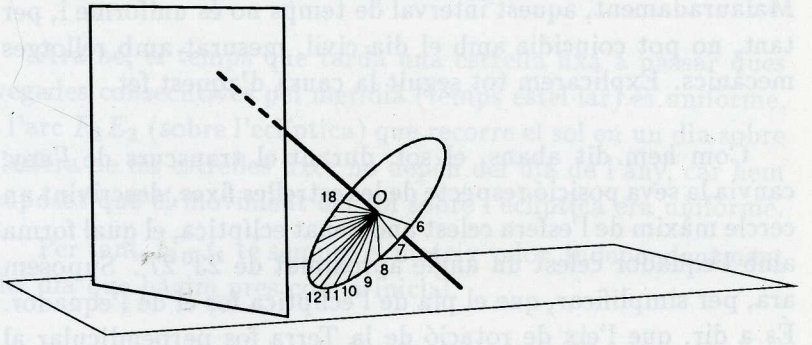


Figura 3

Al dibuix de la figura 3, anomenem 0 el punt d'intersecció del gnòmon amb el pla equatorial. Estudiem l'ombra d'aquest punt sobre la paret durant un dia qualsevol. Si aquest dia correspon a un equinocci, el sol estarà tot el dia sobre l'equador. Per tant, l'ombra del punt 0 seguirà aquell dia la intersecció del pla equatorial amb la paret (és a dir, una recta). Un altre dia qualsevol (que no sigui un equinocci) el sol segueix en el seu moviment diürn un paral·lel celest. Considerem el con engendrat pels raigs solars que passen per 0 aquell dia (rectes que uneixen el paral·lel celest descrit pel sol amb 0). L'ombra del punt 0 sobre la paret, aquell dia, descriurà, òbviament, la intersecció d'aquest con amb la paret. Per tant, una cònica (hipèrbola).

I.3 Equació de temps

A l'apartat anterior, hem definit el dia solar com el temps transcorregut entre dos passos consecutius del sol pel mateix meridià. Malauradament, aquest interval de temps no és uniforme i, per tant, no pot coincidir amb el dia civil, mesurat amb rellotges mecànics. Explicarem tot seguit la causa d'aquest fet.

Com hem dit abans, el sol, durant el transcurs de l'any, canvia la seva posició respecte de les estrelles fixes, descrivint un cercle màxim de l'esfera celest anomenat eclíptica, el qual forma amb l'equador celest un angle aproximat de $23^0 27'$. Suposem ara, per simplificar, que el pla de l'eclíptica fos el de l'equador. És a dir, que l'eix de rotació de la Terra fos perpendicular al pla de la seva òrbita entorn del sol. Suposem, a més, que el moviment del sol sobre l'eclíptica fos uniforme. (Ara no ho és ja que l'òrbita de la Terra és una el·lipse i el moviment del nostre planeta està regit per les lleis de Kepler). Amb aquestes dues hipòtesis el temps solar seria uniforme. Vegem-ho.

Suposem que mesurem el temps t amb un rellotge uniforme. (No importen les unitats que utilitzem per mesurar-lo). Sigui t_1 el temps que indica aquest rellotge quan el sol passa avui pel nostre meridià. Sigui t_2 el temps d'aquest rellotge quan passi demà el sol pel mateix meridià. Sigui E_1 una estrella que ocupi a l'esfera celest la mateixa posició que el sol a l'instant t_1 i E_2 una altra estrella que ocupi la mateixa posició que el sol a l'instant t_2. Com que el sol, en recórrer l'eclíptica, es desplaça en sentit oposat a la rotació de la volta celest, tindrem (vegeu figura 4):

$$t_2 - t_1 = \text{temps que tarda } E_1 \text{ a passar dues vegades consecutives pel meridià} + \text{temps que tarda } E_2 \text{ a passar pel meridià després que ha passat } E_1. \tag{I.1}$$

Ara bé, el temps que tarda una estrella fixa a passar dues vegades consecutives pel meridià (temps estel·lar) és uniforme, i l'arc E_1E_2 (sobre l'eclíptica) que recorre el sol en un dia sobre l'esfera de les estrelles fixes no depèn del dia de l'any, car hem suposat que el moviment del sol sobre l'eclíptica era uniforme.

Per tant, $t_2 - t_1$ té sempre el mateix valor, independentment del dia que hàgim pres com a inicial.

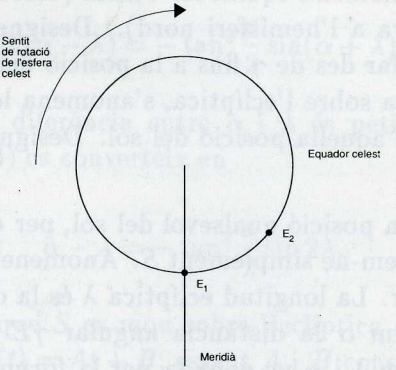


Figura 4

Suposem ara que l'eclíptica forma un angle ε amb l'equador (aproximadament de $23^0\,27'$). Continuem suposant, però, que el moviment del sol sobre l'eclíptica durant el transcurs de l'any és uniforme. Siguin ara S_1 i S_2 les posicions del sol a l'esfera

celest als instants t_1 i t_2 de pas pel nostre meridià. Siguin E_1 i E_2 les projeccions sobre l'equador de S_1 i S_2 respectivament, per meridians celests (figura 5). El mateix argument que abans ens demostra la fórmula (I.1). Però ara el sol es mou uniformement sobre l'eclíptica (no sobre l'equador). La projecció sobre l'equador del moviment del sol deixa de ser uniforme. Per tant, l'arc E_1E_2 que recorre la projecció del sol sobre l'equador en un dia, depèn del dia de l'any. Per tant, el temps solar canvia de dia en dia (no és uniforme). Això es complica encara més a la realitat, ja que el moviment del sol sobre l'eclíptica tampoc és uniforme.

Hem dit abans que l'eclíptica talla l'equador celest en dos punts corresponents als equinoccis. L'equinocci en el qual el sol, en el seu moviment aparent, travessa l'equador passant de sud a nord s'anomena equinocci vernal (correspon a l'entrada de la primavera a l'hemisferi nord). Designem-lo per γ. La distància angular des de γ fins a la posició del sol un dia qualsevol, mesurada sobre l'eclíptica, s'anomena longitud eclíptica corresponent a aquella posició del sol. Designem per λ la longitud eclíptica.

Prenem una posició qualsevol del sol, per exemple S_1 de la figura 5, i diguem-ne simplement S. Anomenem E la projecció sobre l'equador. La longitud eclíptica λ és la distància angular γS. Anomenem α la distància angular γE sobre l'equador. La relació entre λ i α ve donada per la fórmula següent de la trigonometria esfèrica:

$$\tan\alpha = \cos\varepsilon \tan\lambda. \qquad \text{(I.2)}$$

Es pot demostrar, fent les transformacions trigonomètriques

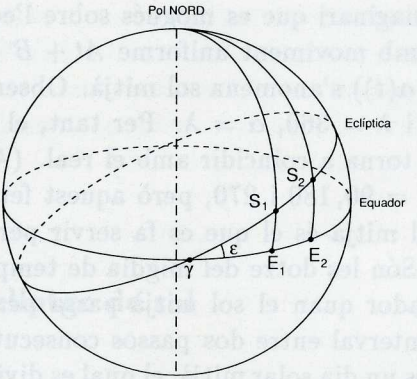


Figura 5

convenients, que

$$\sin(\alpha - \lambda) = -\tan^2 \frac{\varepsilon}{2} \sin(\alpha + \lambda). \qquad \text{(I.3)}$$

Com que la diferència entre α i λ és petita, en primera aproximació (I.3) es converteix en

$$\alpha - \lambda = -\tan^2 \frac{\varepsilon}{2} \sin 2\lambda. \qquad \text{(I.4)}$$

Si suposem que S es mou sobre l'eclíptica de manera uniforme, llavors $\lambda(t) = At + B$, essent A i B constants, d'on

$$\alpha(t) = At + B - \tan^2 \frac{\varepsilon}{2} \sin 2(At + B).$$

Tenim, doncs, que

$$\alpha(t) = \text{moviment uniforme} + \text{terme corrector}. \qquad \text{(I.5)}$$

Un sol imaginari que es mogués sobre l'equador (no sobre l'eclíptica) amb moviment uniforme $At + B$ (és a dir, la part uniforme de $\alpha(t)$) s'anomena sol mitjà. Observeu (a (I.4)) que quan $\lambda = 0$ i $\lambda = 360$, $\alpha = \lambda$. Per tant, el sol mitjà, al cap d'una volta, torna a coincidir amb el real. (Això també passa aquí quan $\lambda = 90, 180$ i 270, però aquest fet no ens interessa tant). El sol mitjà és el que es fa servir per definir el temps solar mitjà. Són les dotze del migdia de temps solar mitjà per a un observador quan el sol mitjà passa per damunt del seu meridià. L'interval entre dos passos consecutius del sol mitjà pel meridià és un dia solar mitjà, el qual es divideix en 24 hores i cada una en 3.600 segons. S'anomena temps universal el temps solar mitjà d'un observador situat al meridià de Greenwich. (Aquest és, llevat d'una hora o dues que els governants ens han fet avançar, el temps civil a la major part d'Europa).

L'explicació anterior s'ha fet suposant que el moviment del sol sobre l'eclíptica era uniforme. Però això no és cert. De tota manera, també en el cas real de moviment no uniforme regit per les lleis de Kepler, s'arriba a descompondre $\alpha(t)$ en una part uniforme més un terme corrector. El terme corrector s'anomena equació de temps, i el terme de moviment uniforme defineix el sol mitjà igual que abans. Les fórmules canvien una mica, però la idea és la mateixa.

Part II

Càlcul d'un rellotge de sol

En apartats anteriors hem explicat els fonaments de la construcció d'un rellotge de sol, però no hem donat mètodes explícits de càlcul. Per donar fórmules concretes, ens cal abans descriure alguns sistemes de coordenades celests que haurem de fer servir.

II.1 Sistema basat en l'horitzó de l'observador

L'horitzó astronòmic corresponent a un observador és el cercle màxim de l'esfera celest en què aquesta és tallada pel pla que passa per l'observador i és perpendicular a la direcció de la gravetat local. La intersecció de l'esfera celest amb la vertical de l'observador s'anomena zenit.

Donat un astre situat en un punt P de l'esfera celest, per exemple el sol, hi associarem dues coordenades anomenades azimut i altura, de la manera següent. L'altura a del punt P és la distància angular, mesurada sobre el cercle màxim que uneix P i el zenit, entre l'horitzó i P. L'altura es pren positiva

per als astres situats sobre l'horitzó. L'azimut A del punt P és la distància angular, mesurada sobre l'horitzó, des del sud fins a la intersecció amb l'horitzó del gran cercle que uneix P i el zenit. Aquesta distància angular es mesura en sentit positiu des del sud cap a l'oest (vegeu figura 6).

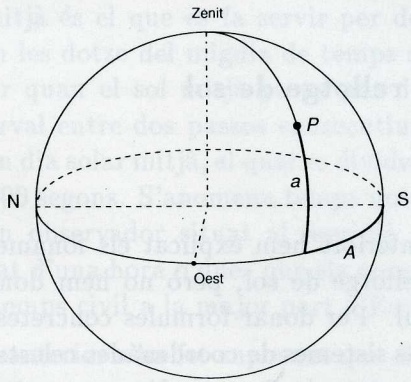


Figura 6

II.2 Sistema equatorial referit al meridià de l'observador

Introduirem ara dues coordenades més anomenades angle horari i declinació, per determinar la posició de qualsevol punt P de la volta celest. La declinació δ de P és la distància angular, mesurada al llarg del cercle màxim que passa per P i pels dos pols celests, des de l'equador fins a P. Es pren positiva per als punts P situats al nord de l'equador i negativa per als situats al sud. L'angle horari H de P respecte del meridià de l'observador és la distància angular, mesurada sobre l'equador, des

de la intersecció de l'equador amb el meridià de l'observador fins a la intersecció de l'equador amb el cercle màxim que passa per P i pels pols. El sentit positiu es pren de sud a oest sobre l'equador (vegeu figura 7).

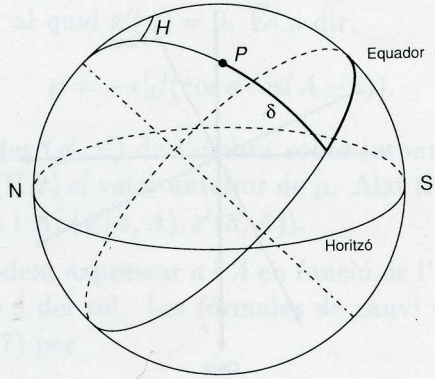


Figura 7

II.3 Ombra d'un punt sobre una paret

Prenem un sistema rectangular de coordenades amb centre l'observador, de la manera següent. L'eix de les x va de l'observador cap al sud en sentit positiu. L'eix de les y va de l'observador cap a l'oest en sentit positiu. L'eix de les z és vertical i va de l'observador al zenit en sentit positiu. Com que els azimuts creixen quan es va de sud a oest, això equival a créixer quan es passa de l'eix de les $x > 0$ al de les $y > 0$ (com habitualment). Aquesta és la raó d'haver pres així els eixos.

Suposem que tenim una paret vertical que passa per l'observador i forma un angle i amb la línia est-oest. Mesurem l'angle

i en el mateix sentit que els azimuts. Prenem unes coordenades x', y', z', de manera que l'eix de les y' estigui contingut en la paret, l'eix de les z' coincideixi amb el de les z i l'eix de les x' sigui perpendicular a la paret (vegeu figura 8).

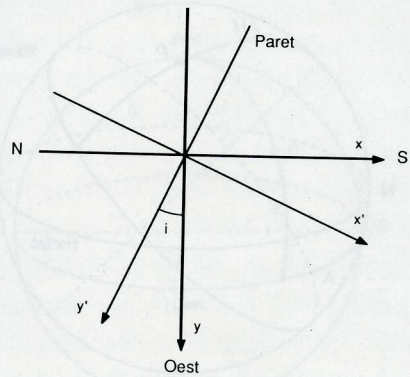


Figura 8

Les fórmules de transformació seran

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos i & \sin i & 0 \\ -\sin i & \cos i & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \qquad \text{(II.1)}$$

Sigui (x'_0, y'_0, z'_0) un punt del qual volem estudiar l'ombra sobre la paret. Si el sol té coordenades (a, A) (altura i azimut) a l'instant en què volem conèixer l'ombra, la direcció del raig de sol que va cap a l'observador ve donada en les coordenades (x, y, z) pel vector $(\cos a \cos A, \cos a \sin A, \sin a)$. En les coordenades (x', y', z') adaptades a la paret, la direcció del raig de sol vindrà donada pel vector, que anomenarem $\vec{v}(a, A)$, de components $(\cos a \cos A \cos i + \cos a \sin A \sin i, -\cos a \cos A \sin i +$

$\cos a \sin A \cos i, \sin a)$. L'equació en paramètriques de la recta que passa per (x'_0, y'_0, z'_0) i té $\vec{v}(a, A)$ com a vector director és

$$(x'(\mu), y'(\mu), z'(\mu)) = (x'_0, y'_0, z'_0) + \mu\vec{v}(a, A). \qquad \text{(II.2)}$$

La intersecció d'aquesta recta amb la paret correspondrà al valor de μ per al qual $x'(\mu) = 0$. És a dir,

$$\mu = -x'_0/(\cos a \cos(A - i)). \qquad \text{(II.3)}$$

Les coordenades (y', z') de l'ombra sobre la paret s'obtindran substituint a (II.2) el valor anterior de μ. Així tindrem l'ombra en funció de a i A, $(y'(a, A), z'(a, A))$.

Ara bé, podem expressar a i A en funció de l'angle horari H i la declinació δ del sol. Les fórmules de canvi vénen donades (vegeu figura 7) per

$$\vec{r}(a, A) = R_2(90 - \varphi)\vec{r}(\delta, H), \qquad \text{(II.4)}$$

on $\vec{r}(a, A)$ indica el vector

$$\begin{pmatrix} \cos a \cos A \\ \cos a \sin A \\ \sin a \end{pmatrix} \qquad \text{(II.5)}$$

φ indica la latitud i $R_2(\beta)$ la matriu corresponent a la rotació d'un angle β entorn de l'eix de les y:

$$\begin{pmatrix} \cos\beta & 0 & -\sin\beta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\beta & 0 & \cos\beta \end{pmatrix} \qquad \text{(II.6)}$$

D'aquesta manera tindrem les coordenades de l'ombra en funció de δ i H , $(y'(\delta, H), z'(\delta, H))$.

Si ens interessa que el rellotge de sol marqui el temps universal (temps solar mitjà del meridià origen), indicant amb h l'hora d'aquest temps i amb H l'angle horari de l'observador, es té $H = h - E - L - 12$, on E és l'equació de temps i L la longitud geogràfica de l'observador expressada en temps (hores). D'aquesta manera, l'angle horari vindrà donat en hores (temps). Si es vol en graus, $H = (h - E - L - 12)15$.

L'equació de temps E i la declinació δ del sol es poden expressar únicament en funció de la longitud eclíptica del sol λ (definida a l'apartat I.3). Per tant, H es pot expressar únicament en funció de h i λ. Resumint, tindrem les coordenades (y', z') de l'ombra expressades en funció de h i λ, $(y'(h, \lambda), z'(h, \lambda))$.

Per obtenir la corba (al llarg de l'any) corresponent a una hora determinada, $h = h_0$, basta fer variar λ contínuament de 0 a 360 amb $h = h_0$, $(y'(h_0, \lambda), z'(h_0, \lambda))$.

Els canvis de signes del zodíac es produeixen, per definició, quan $\lambda = 0, 30, 60, 90, \ldots, 360$. Si fem que λ valgui un d'aquests valors i h varïi contínuament de 6 a 18 hores, obtindrem la línia zodiacal corresponent.

II.4 El rellotge de sol de la Facultat de Ciències

El nostre rellotge de sol indica el temps universal, això és, el temps oficial menys una hora, a l'hivern (menys dues, a l'estiu). A diferència dels tradicionals, durant tot l'any marca l'hora exacta. També indica el signe del zodíac i la corresponent estació de l'any. Per aconseguir tot això es paga, naturalment, un preu: el nostre rellotge no aprofita pas totes les hores de sol,

com explicarem més endavant.

Ha estat dibuixat amb el plotter del Centre de Càlcul de la UAB. Prèviament, però, s'ha hagut de calcular amb precisió l'angle que forma la perpendicular a la paret amb la línia nord-sud (40,3 graus cap a l'oest) i s'han hagut de conèixer molt exactament les coordenades geogràfiques del lloc (latitud 41 graus, 30 minuts, 12 segons; longitud 2 graus, 6 minuts, 24,5 segons, a l'est de Greenwich).

Ara explicarem el funcionament d'aquest rellotge. El que assenyala l'hora, aquí, no és l'ombra d'una tija (la qual dóna una direcció) sinó l'ombra d'un punt. Quan l'ombra d'aquest punt cau fora del quadre del rellotge, aquest no marca res. El gnòmon tradicional s'ha substituït per una peça metàl.lica representada a la figura 9. El punt que marca l'hora és l'ombra del vèrtex que al gràfic ve designat per la lletra A. Les línies horàries tenen forma de 8 (vegeu fotografia). Les de traç continu corresponen a les hores i les discontínues a les mitges hores. Aquests vuits tenen una branca pintada de vermell i una altra pintada de negre. A l'hivern i a la primavera s'han de mirar només les línies negres i prescindir totalment de les vermelles (com si no hi fossin). A l'estiu i a la tardor, a l'inrevés, s'ha de prescindir de les negres i mirar només les vermelles. La fotografia que acompanya aquest article va ser presa el dia 17 de juny a les 4 hores de la tarda (14 hores de temps solar mitjà, ja que els nostres governants, com els de molts països d'Europa, han manat que anem, a l'estiu, dues hores avançats respecte del sol). Les línies horàries que llavors valien eren les negres (hivern i primavera). Observeu que l'ombra del vèrtex A és sobre les 14 negres. Observeu, a més, que aquesta ombra és situada sobre una franja que va de *Gemini* a *Cancer*. Això indica que el signe

corresponent era un d'aquests dos. Ara bé, el rellotge també diu que *Gemini* correspon a la primavera i *Cancer* a l'estiu. El 17 de juny érem a la primavera i al signe de *Gemini*. Observeu també que l'ombra és molt a prop de la línia inferior que va de *Cancer* a *Gemini*. Aquesta línia correspon al solstici d'estiu que seria pocs dies després (21 de juny).

Diguem, finalment, que els signes del zodíac hi apareixen escrits en llatí: *Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo, Libra, Scorpius, Sagittarius, Capricornus, Aquarius, Pisces*. El rellotge porta la següent inscripció d'Horaci: *Urget diem nox et dies noctem* (la nit persegueix el dia, i el dia la nit).

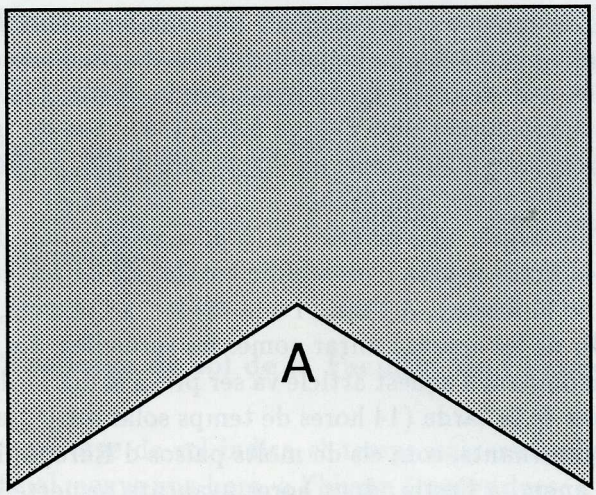


Figura 9

Universitat Autònoma de Barcelona
Servei de Biblioteques
Biblioteca de Ciències
i d'Enginyeries