

Horizonte Local y Relojes de Sol

Rosa M. Ros

*International Astronomical Union
Universidad Politécnica de Cataluña, España*



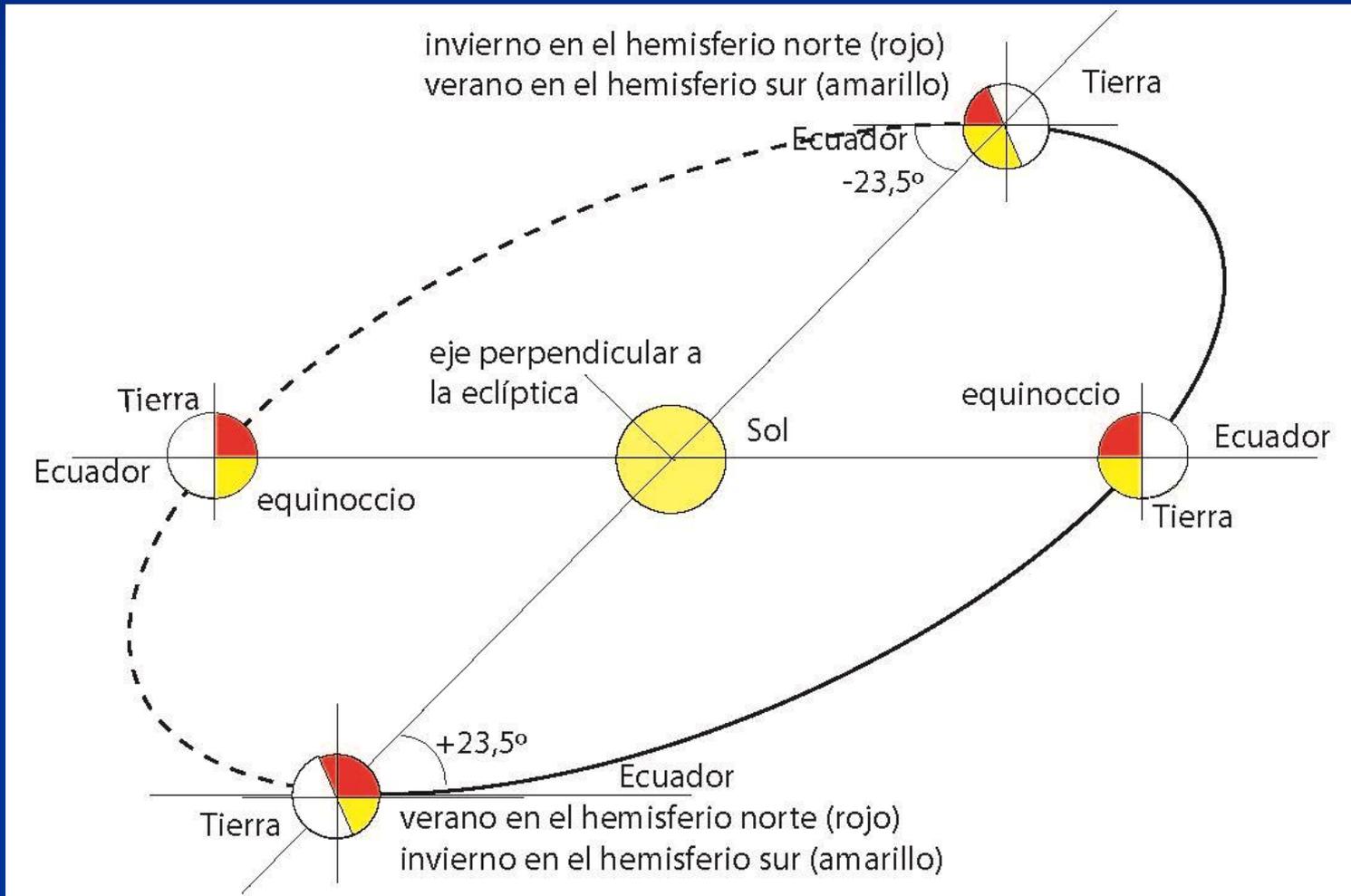
Objetivos

- Comprender el movimiento diurno del Sol.
- Comprender el movimiento ánuo del Sol.
- Comprender el movimiento de la bóveda celeste.
- Comprender la construcción de un reloj de Sol.



La Tierra gira y se traslada

gira (día/noche)
traslada (estaciones)



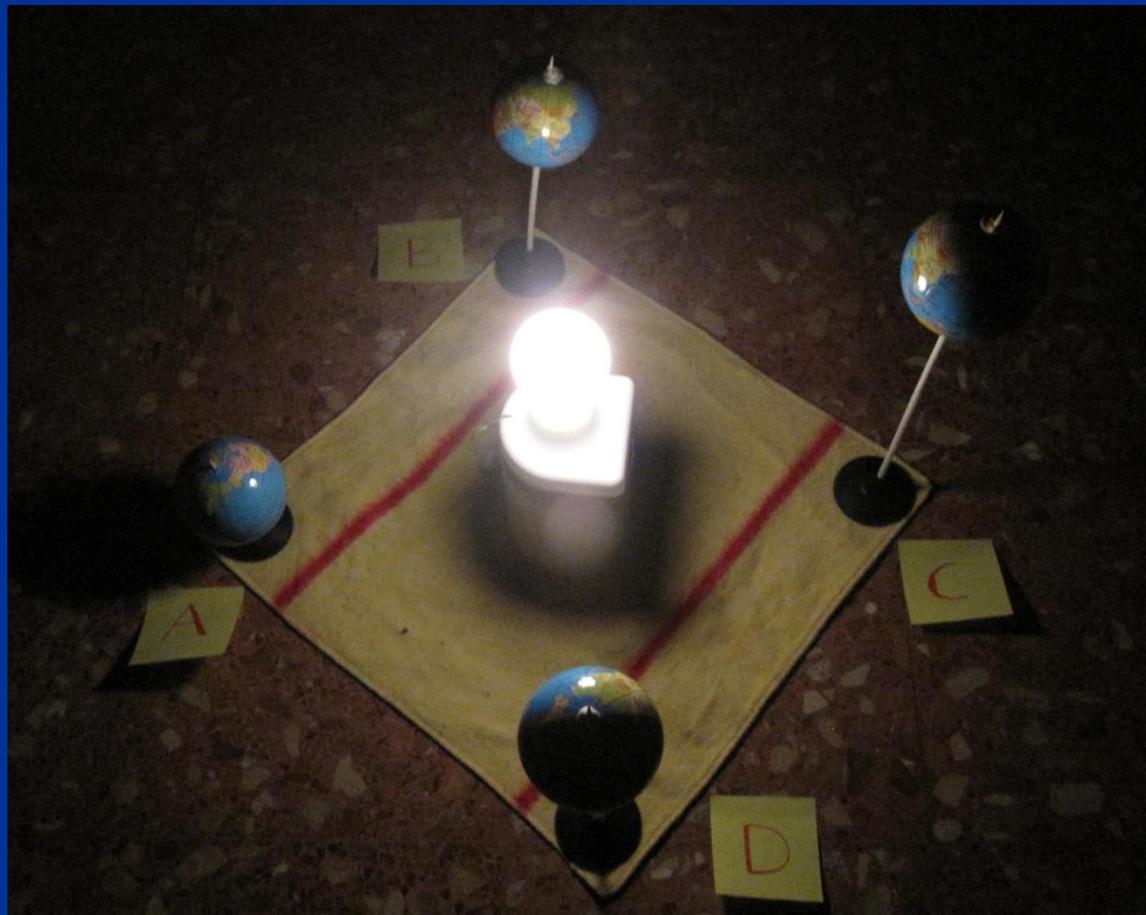
Modelo: 4 esferas terrestres con la bombilla del Sol en medio.

La línea desde el centro del Sol al centro de la Tierra forma unos 23° con el suelo, que representa el plano del ecuador.



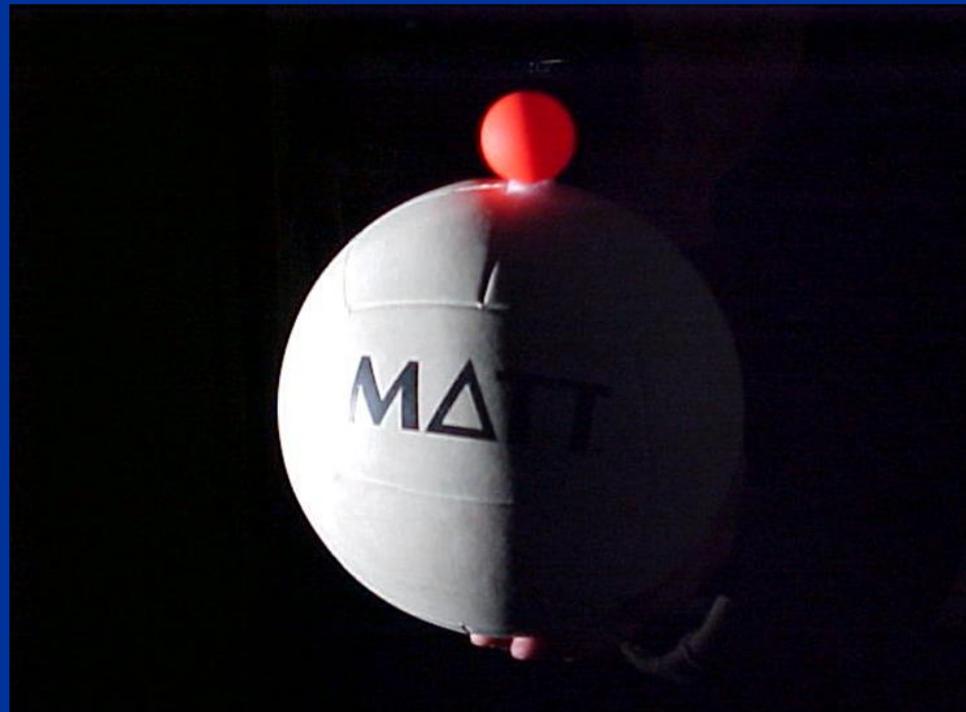
posición A: Sol a $+23,5^\circ$:
verano en hemisferio norte
invierno en hemisferio sur

posición C: Sol a $-23,5^\circ$:
invierno en hemisferio norte
verano en hemisferio sur

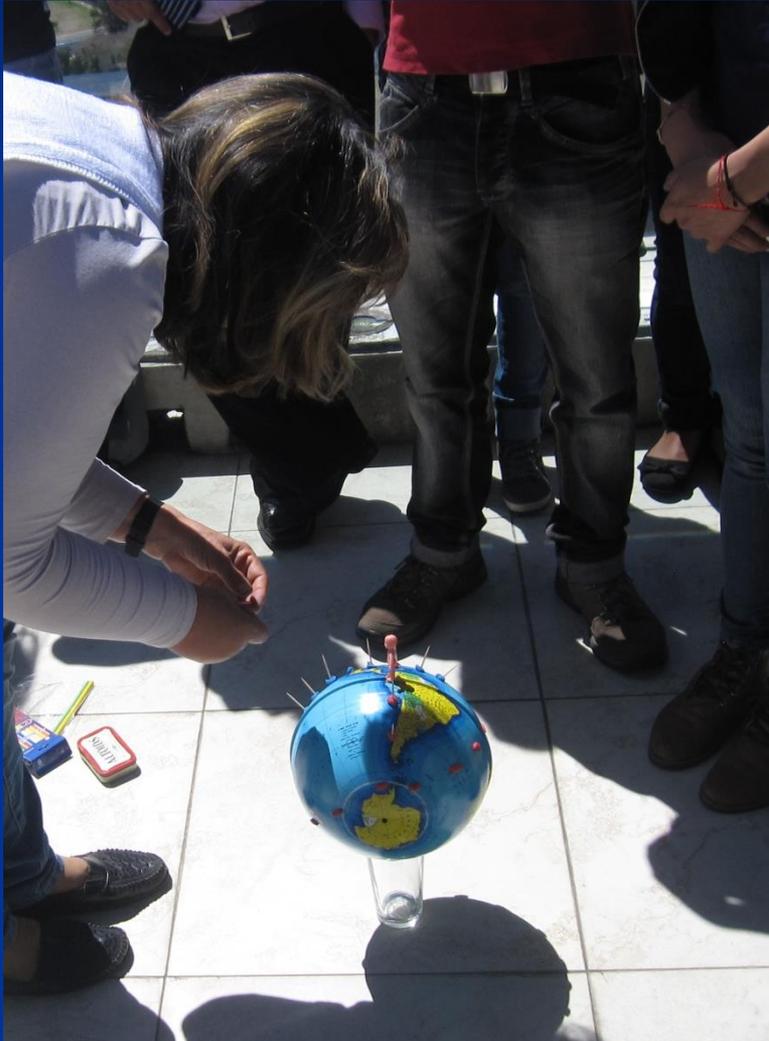


Modelo: Tierra paralela

Un foco ilumina dos esfera de la misma forma y produce las mismas zonas de luz y sombra



Modelo: Tierra paralela



* El globo terrestre debe sacarse de su pie y situarse en el exterior y sobre un vaso

* Con el eje terrestre bien orientado con una brújula

* Con el lugar donde estamos nosotros arriba

Modelo: Tierra paralela

Situamos:

*un muñeco indicando nuestra posición

*trocitos de pastelina para señalar la línea luz/sombra (ira corriendo con el tiempo)

*algunos trozos de palillos para estudiar sus sombras



Modelo: Tierra paralela

*polo norte esta en la zona soleada por tanto es verano para el hemisferio norte (sol de medianoche)

* polo sur esta en la sombra y por tanto en el hemisferio sur, es invierno



Modelo: Tierra paralela

* polo norte está dentro de la zona de la noche, por lo tanto en el hemisferio norte es invierno.

* polo sur esta iluminado y por lo tanto es verano en el hemisferio sur.



Modelo: Tierra paralela

La línea de separación del día y la noche pasa por ambos polos, esto es, el primer día de primavera o el primer día de otoño.



Modelo: Tierra paralela

H.Norte verano



H.Norte invierno



H.Norte equinoccios



H.Sur invierno

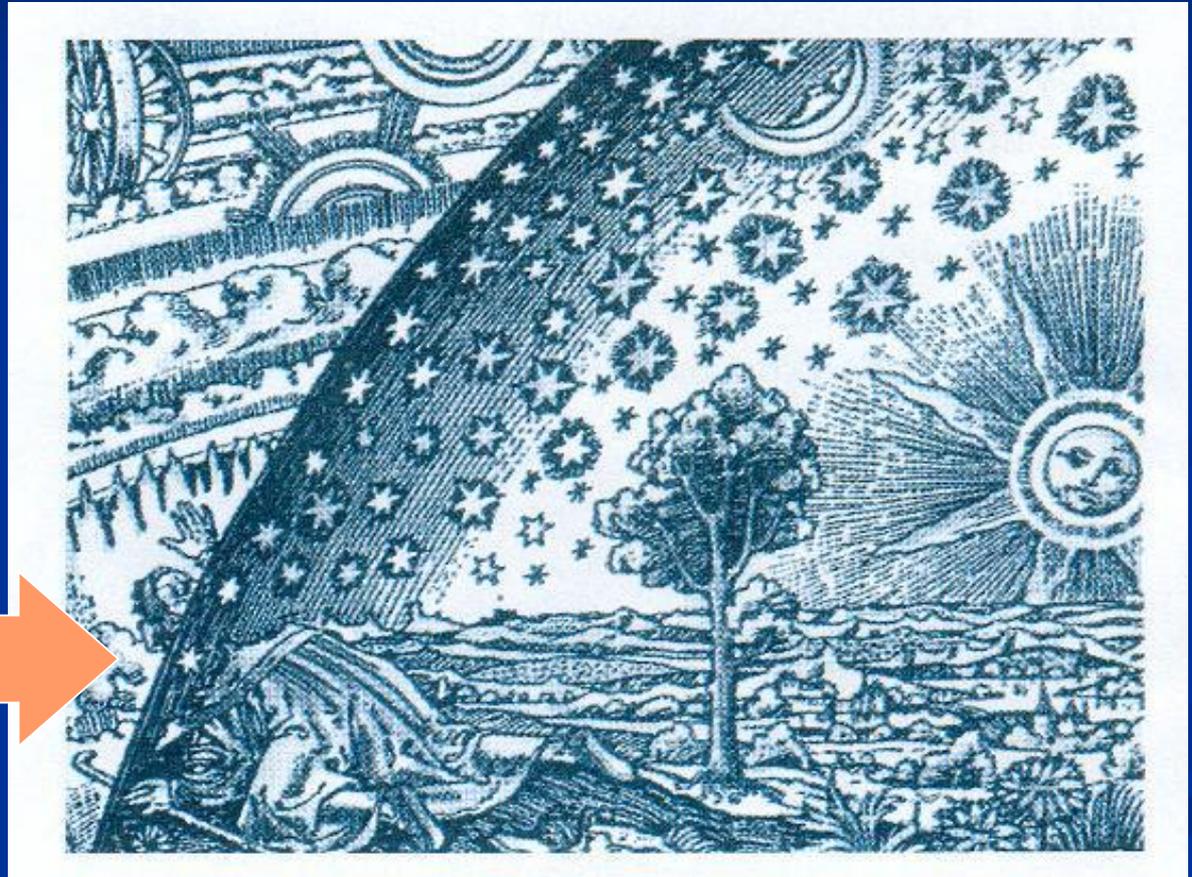
H.Sur verano

H.Sur equinoccios



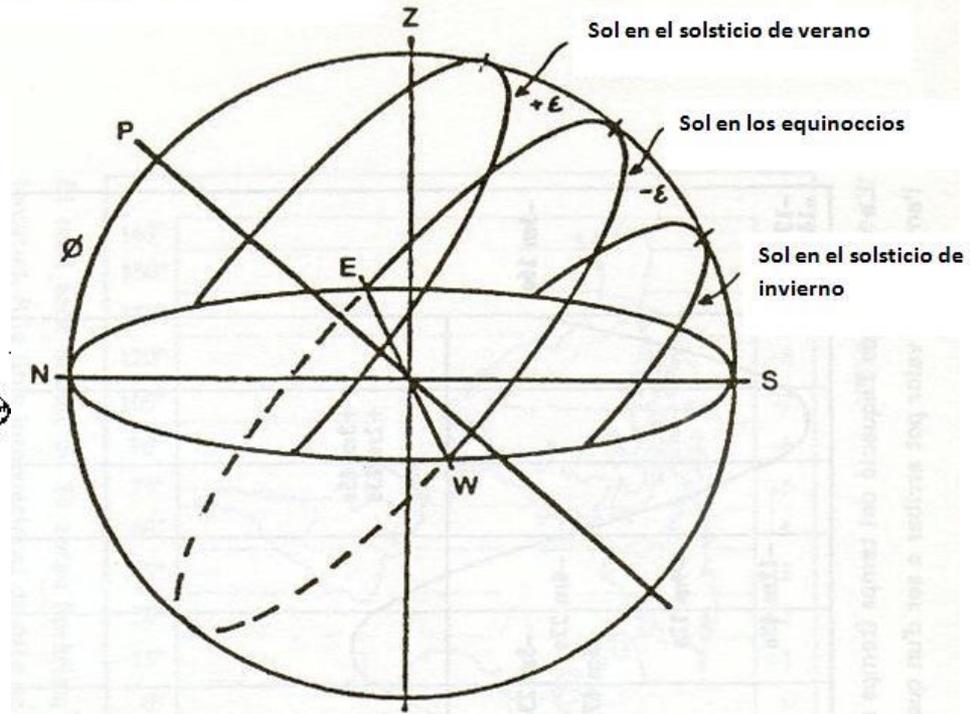
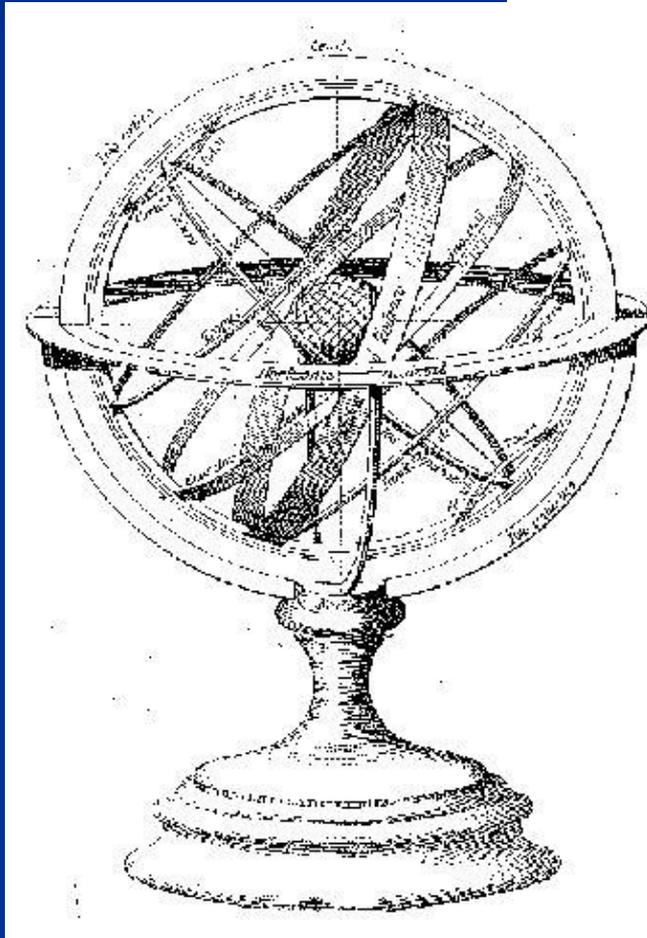
Movimientos de Rotación y Traslación de día y de noche

- No es lo mismo visto:
desde dentro
o desde fuera

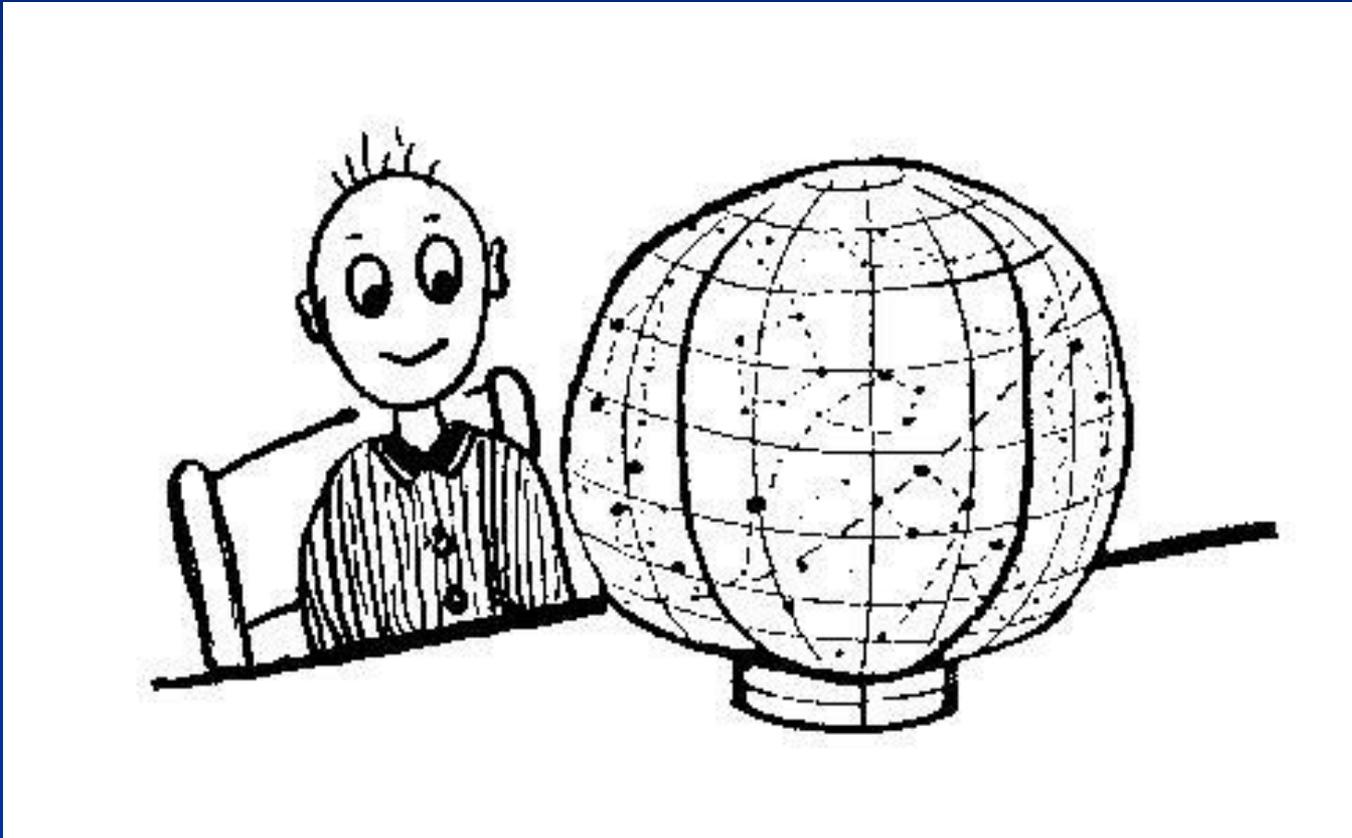


Esfera celeste “desde fuera”

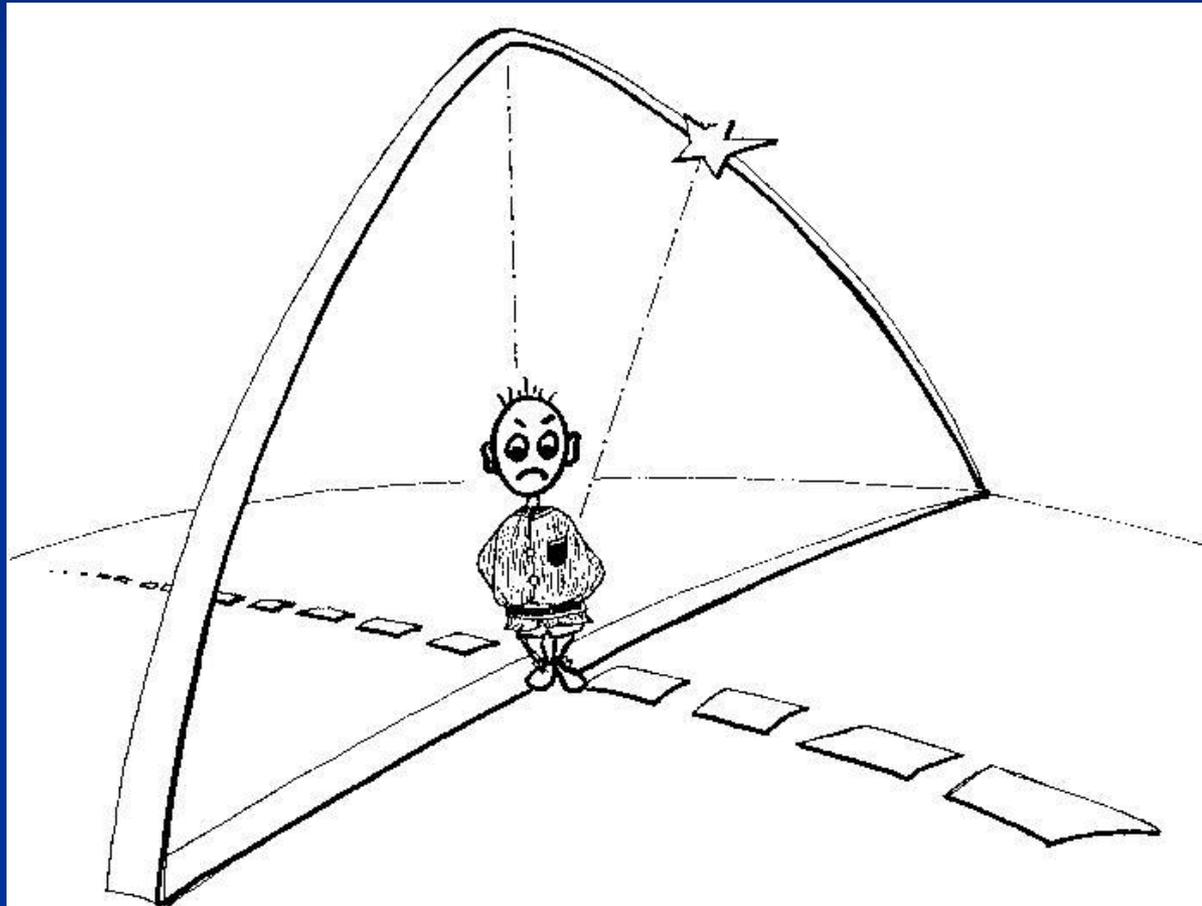
MOVIMIENTO DIURNO DEL SOL



... nos parece que está todo controlado



pero al salir de clase, ... está desconcertado



Todas las escuelas tienen “Laboratorio de Astronomía”

- Tienen un patio o terraza
- Tienen el cielo encima
- Tienen días/noches despejados/as
- ¡ HAY QUE USARLO !



**Vamos a construir un
modelo
del horizonte visible
desde la escuela**



Empezamos por fotografiar el lugar de observación

- horizonte local

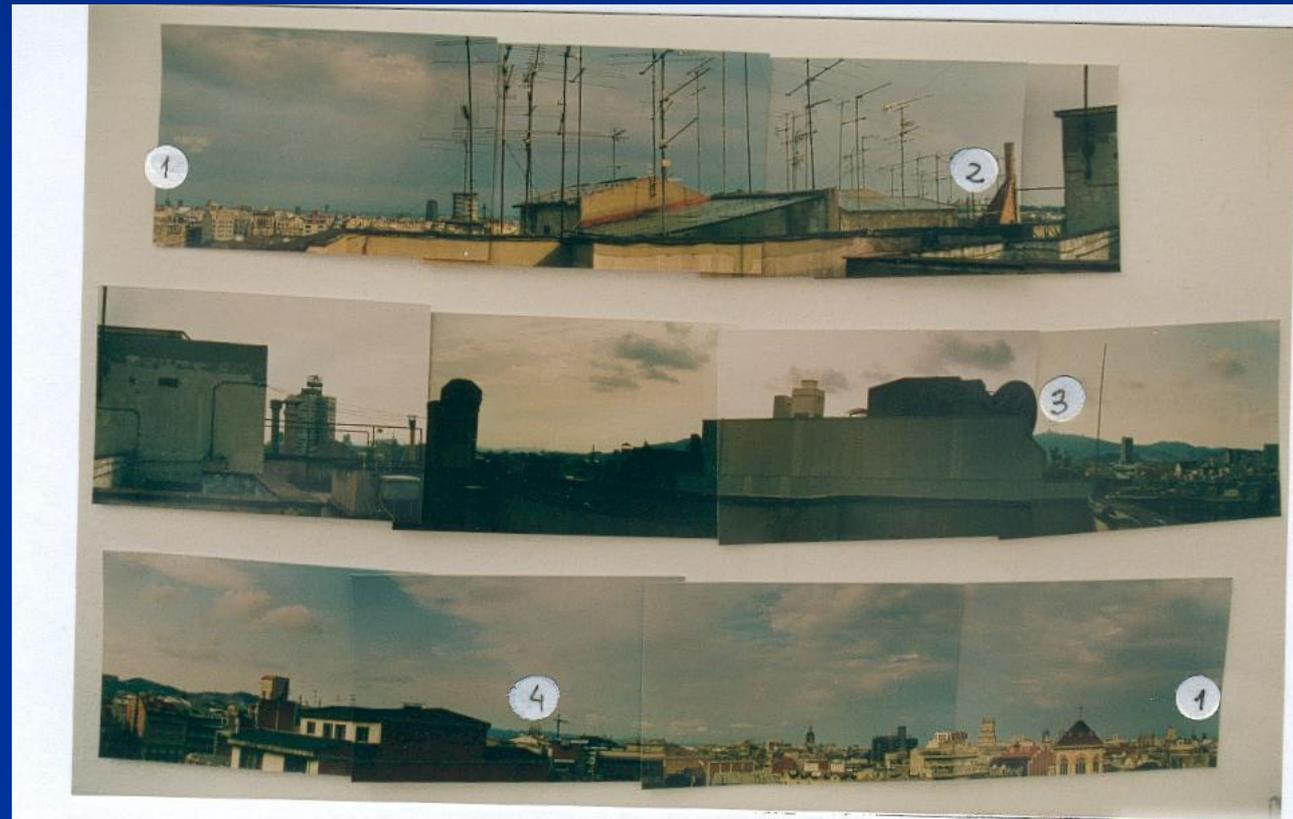


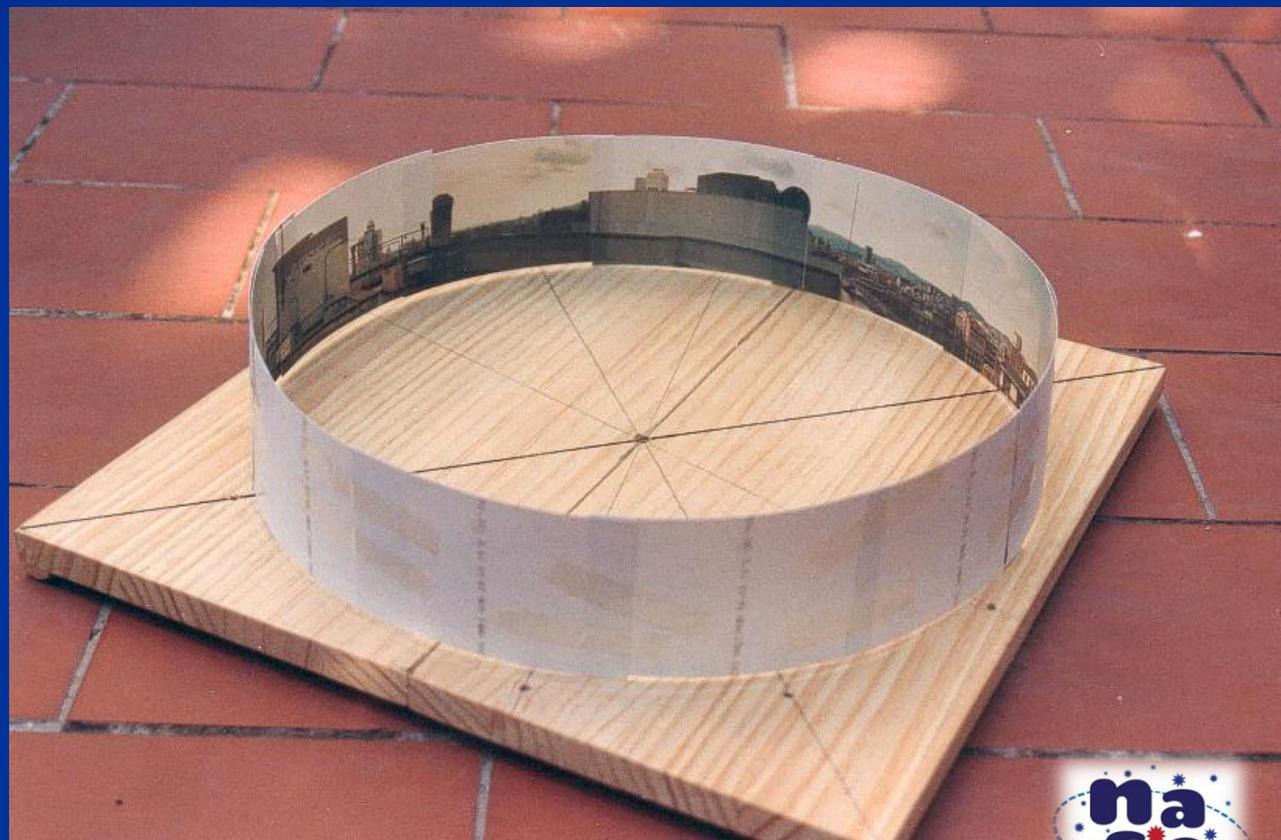
Figure 1: Zona del horizonte fotografiada en Barcelona.

1 Catedral, 2 Montjuic, 3 Tibidabo,
4 Sagrada Familia, 1 Catedral.



Vamos a situar el cinturón de fotos sobre un soporte

- horizonte local



... hay que orientar y relacionar el
horizonte fotografiado con el
horizonte real

- La recta N - S y meridiano local

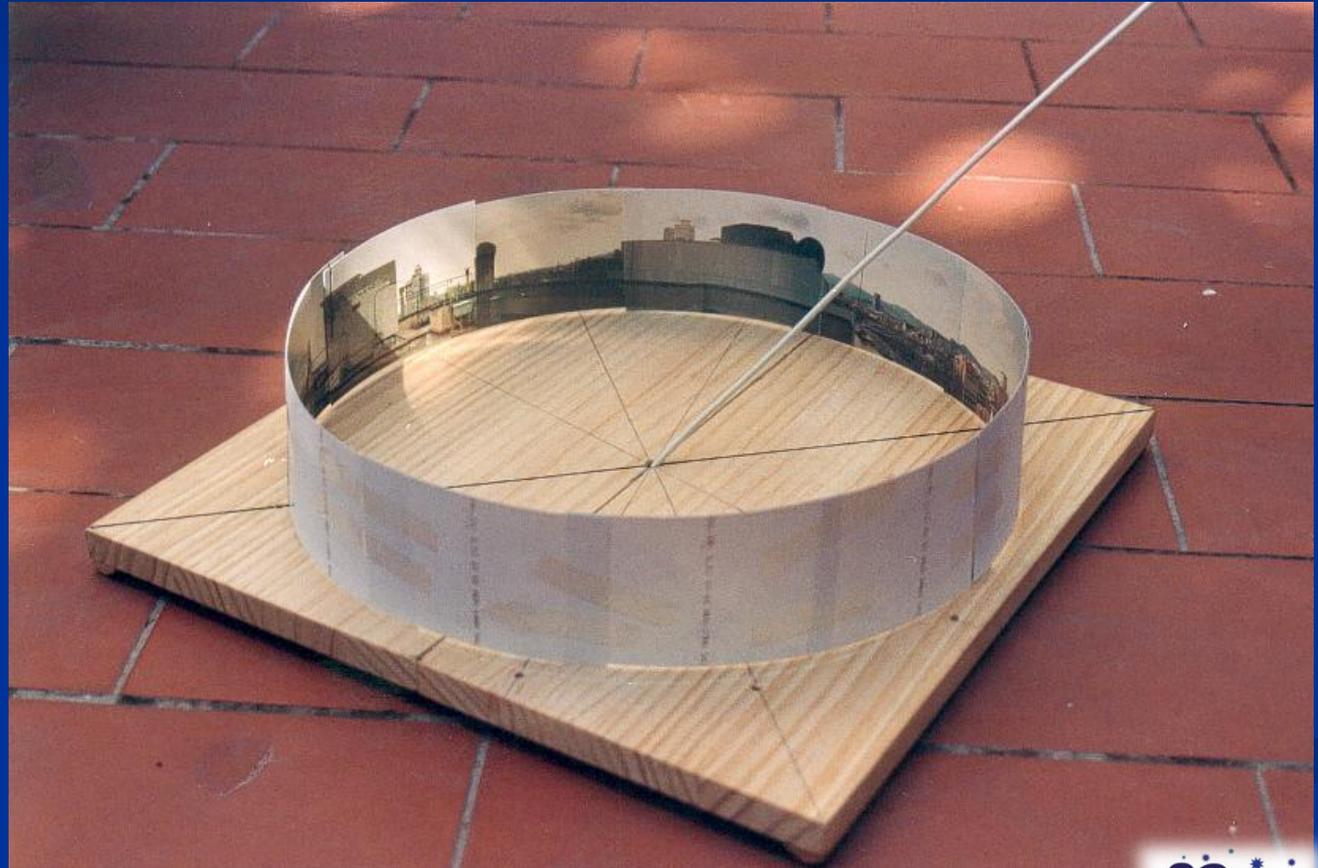


Para orientar el modelo usamos la
dirección de la brújula, o mejor,
proyección del polo sobre el horizonte

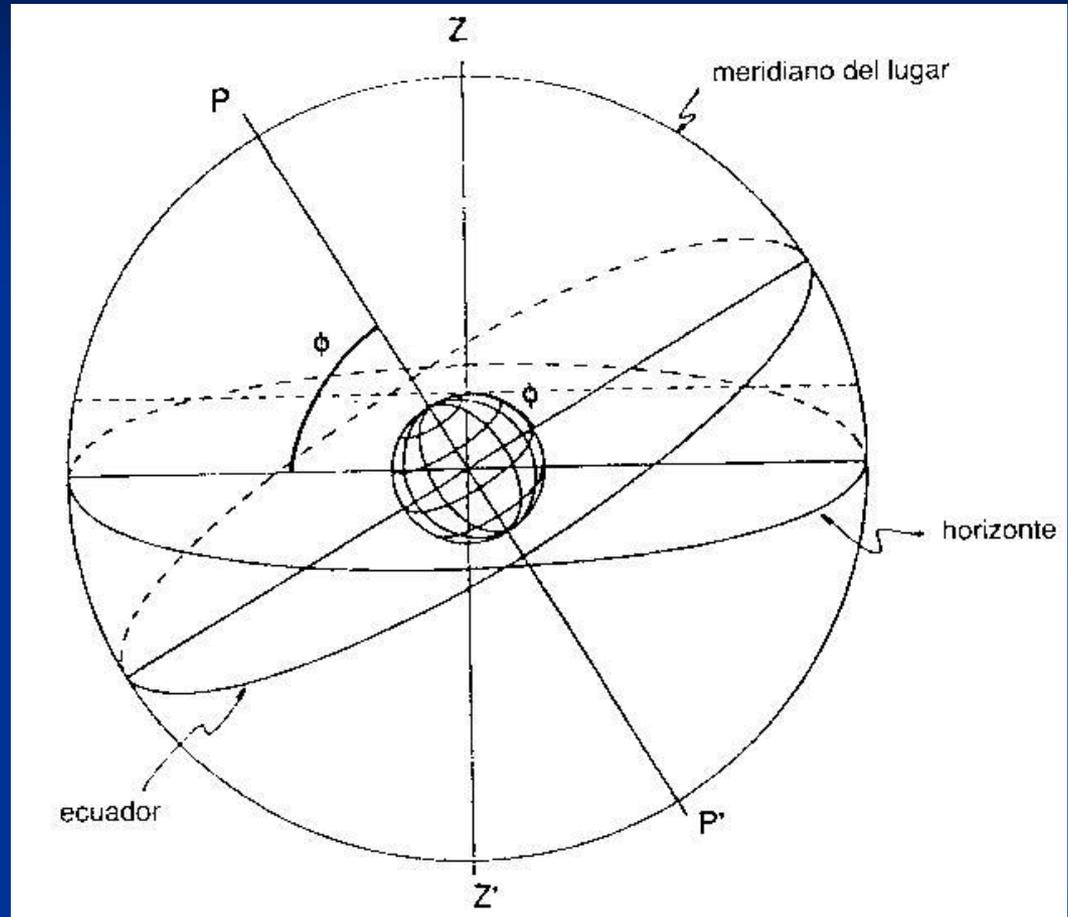


Vamos a introducir la rotación

- eje del mundo

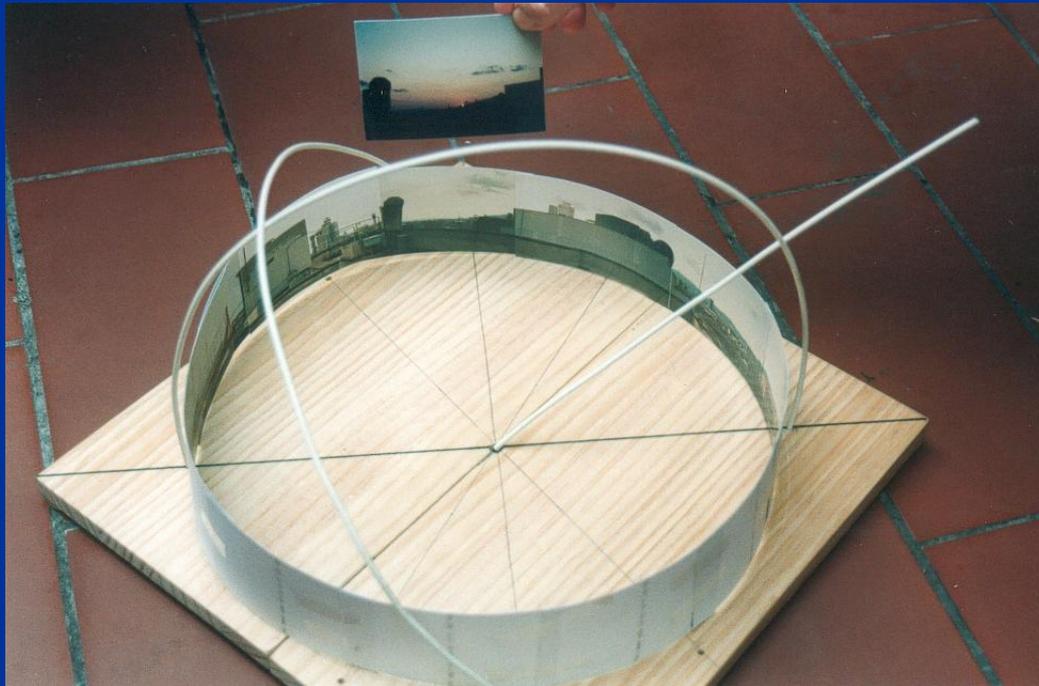


La latitud coincide con la altura del polo



Introducimos la trayectoria del Sol el primer día de primavera/otoño

- Usaremos la fotos de salida/puesta del Sol



Movimiento de Rotación: inclinación del ecuador/paralelo celeste

- de día

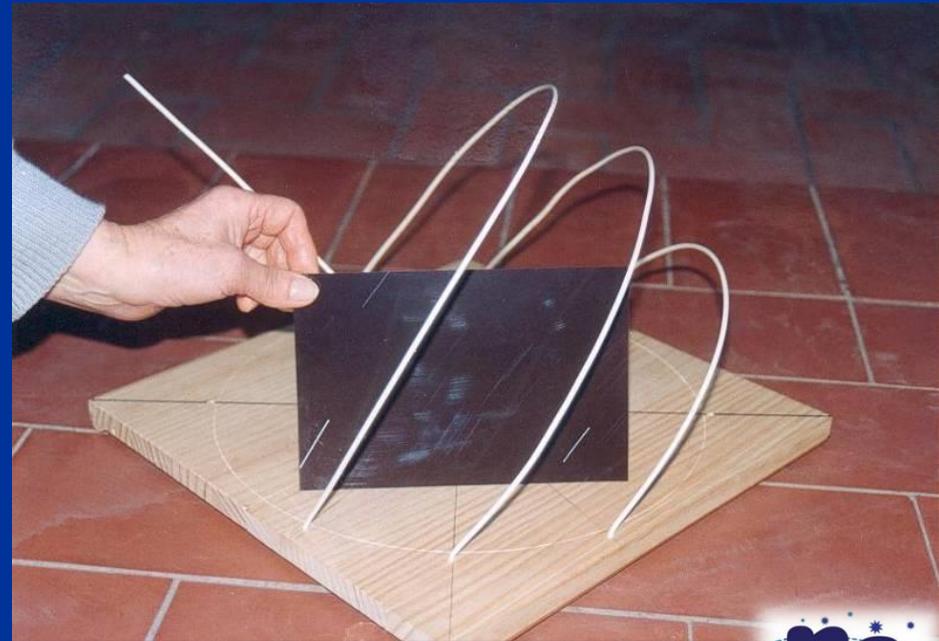
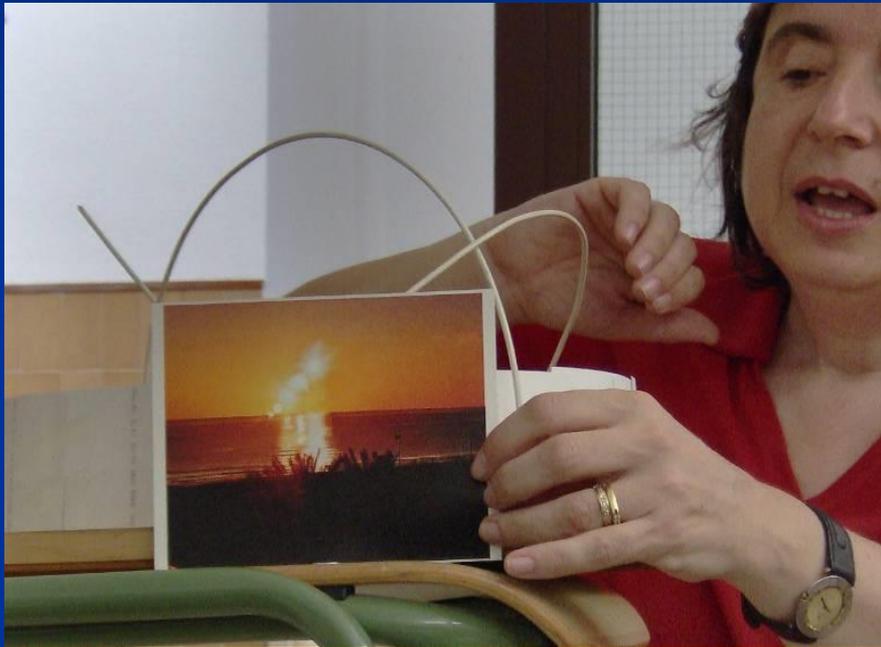


Movimiento de Rotación: inclinación del ecuador/paralelo celeste

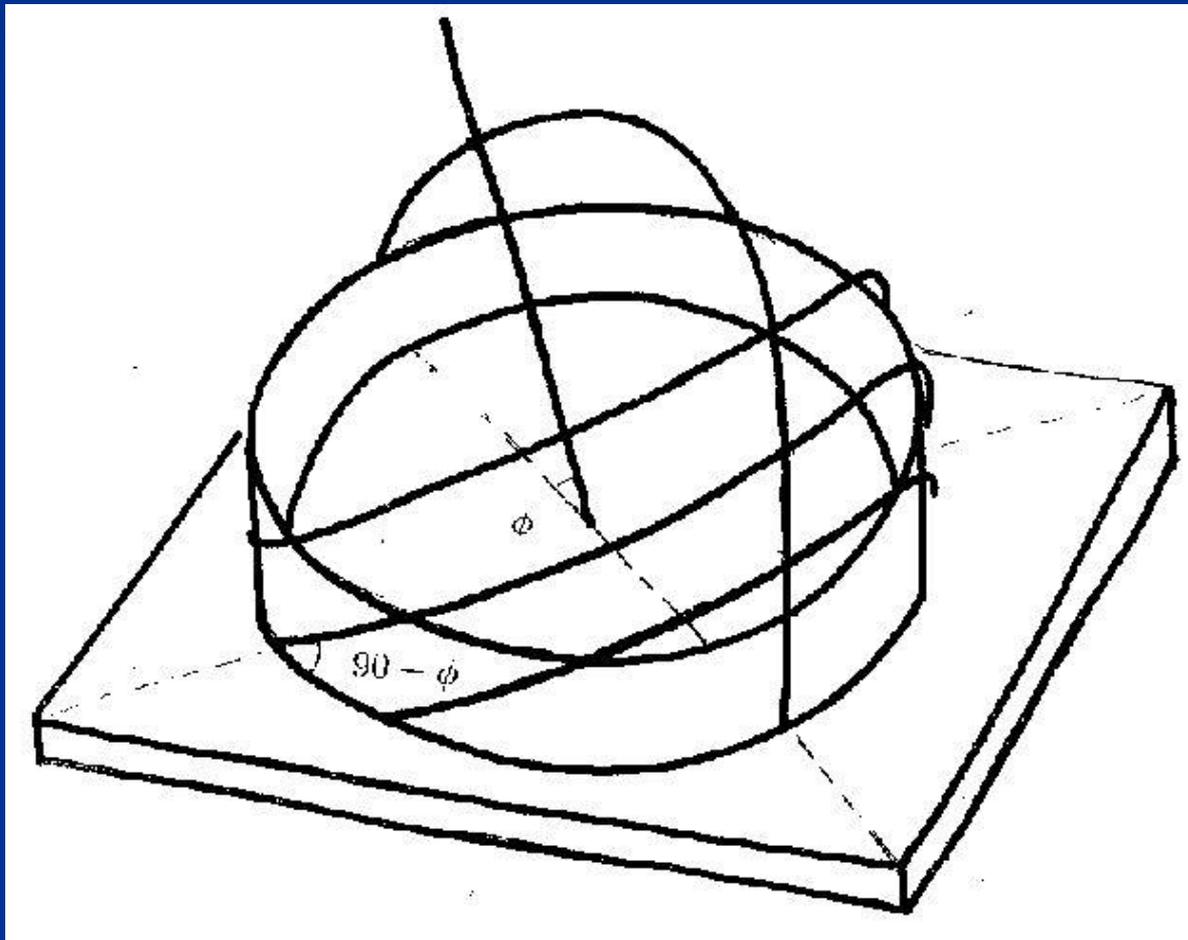
- de noche



Movimiento de Rotación en el modelo

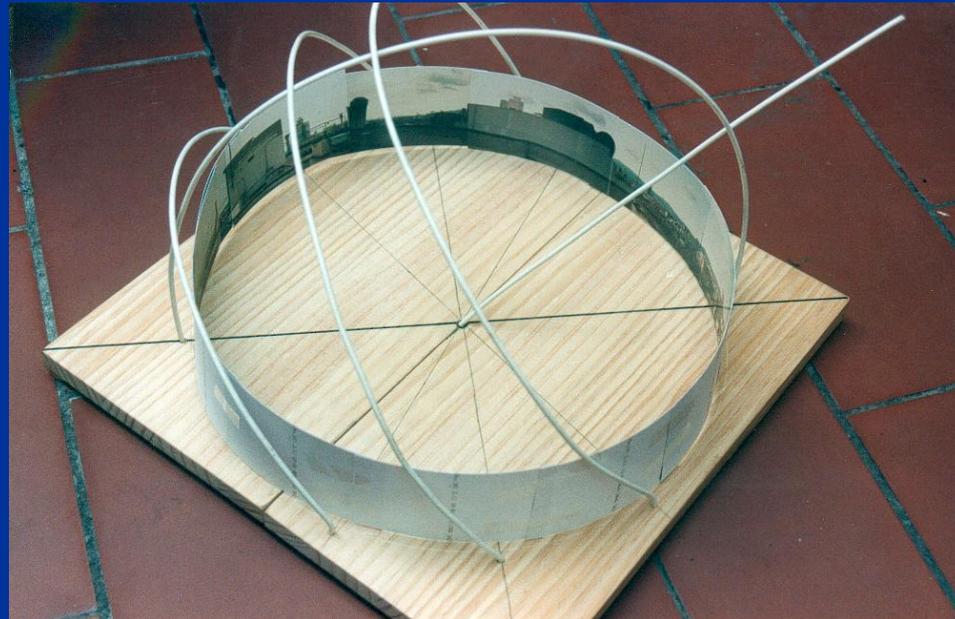


La inclinación de la trayectoria solar y las trazas estelares dependen de la latitud



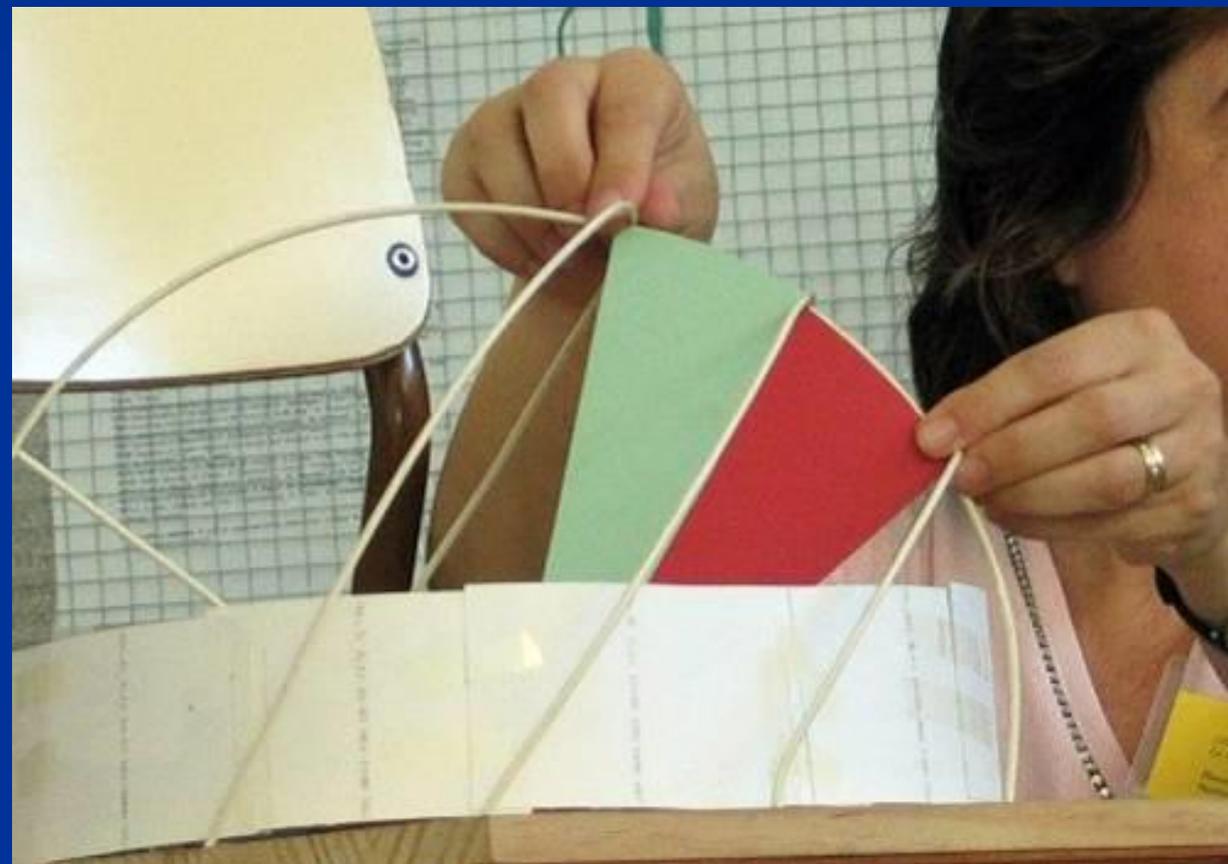
Trayectoria solar : primer día de cada estación (se observa la distinta duración)

- Solsticio de verano
- Equinoccio de primavera/otoño
- Solsticio de invierno



Movimiento de Translación da lugar a las estaciones

- Verano
- Primavera/Otoño
- Invierno
- Ángulo entre el ecuador y los paralelos extremos = 23.5°



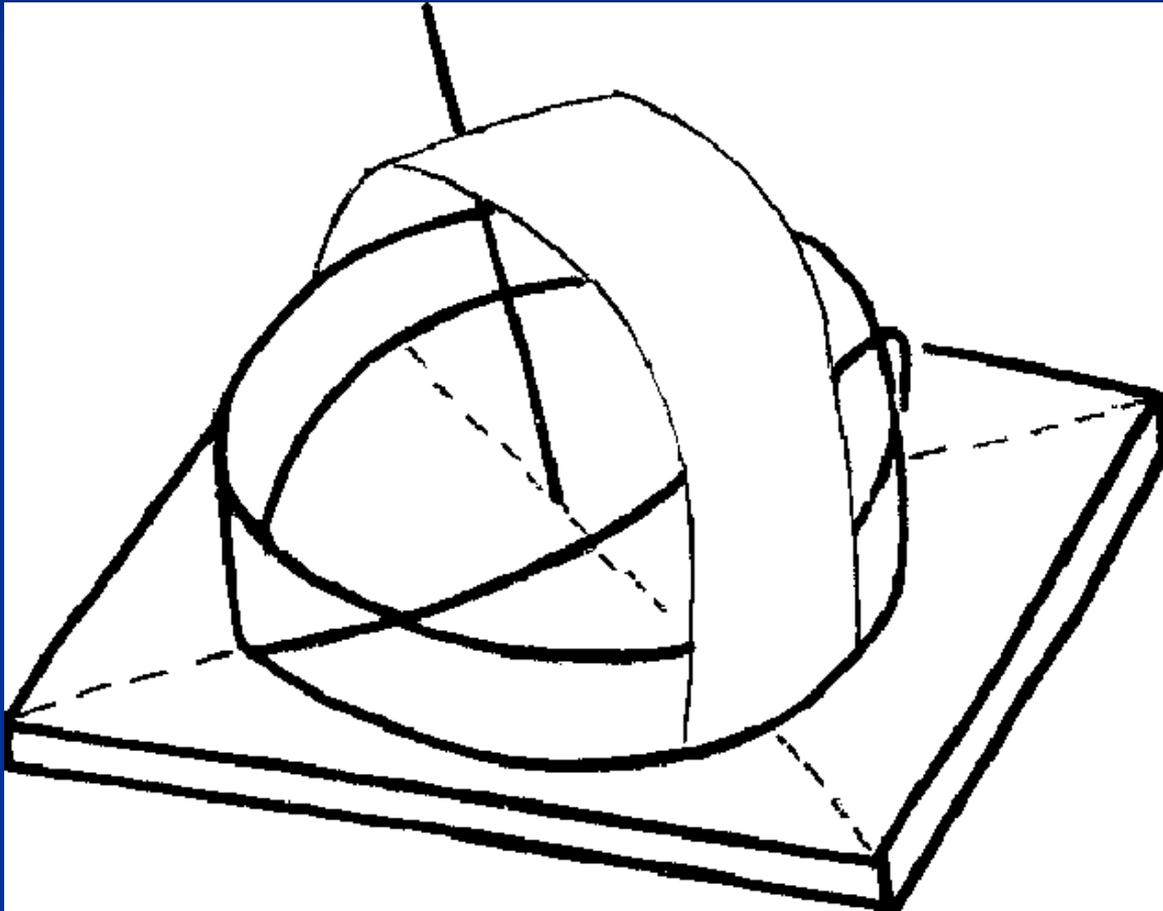
Movimiento de Translación da lugar a que las puestas de Sol cambien de posición cada día

- las 3 puestas de sol

(Invierno - Primavera/Otoño - Verano)



Visualización del “meridiano” en la maqueta



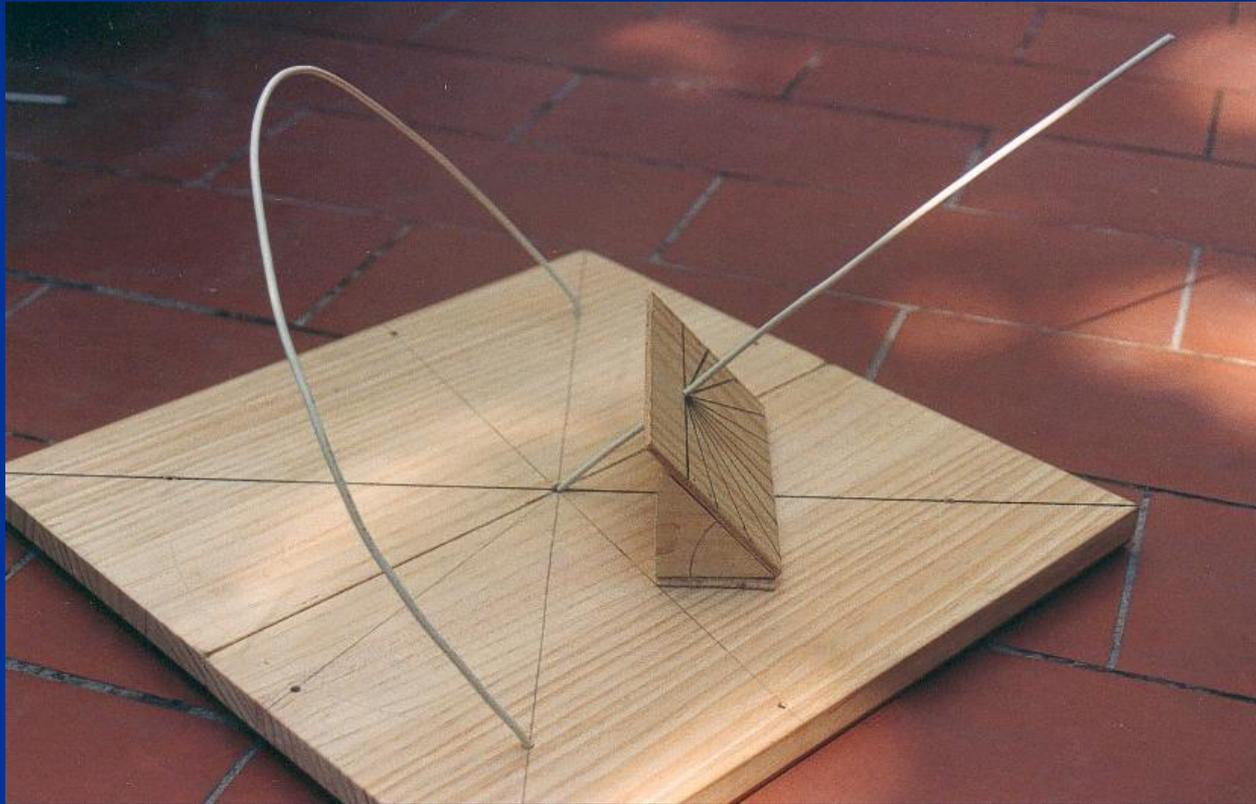
...en torno al polo: circunferencias



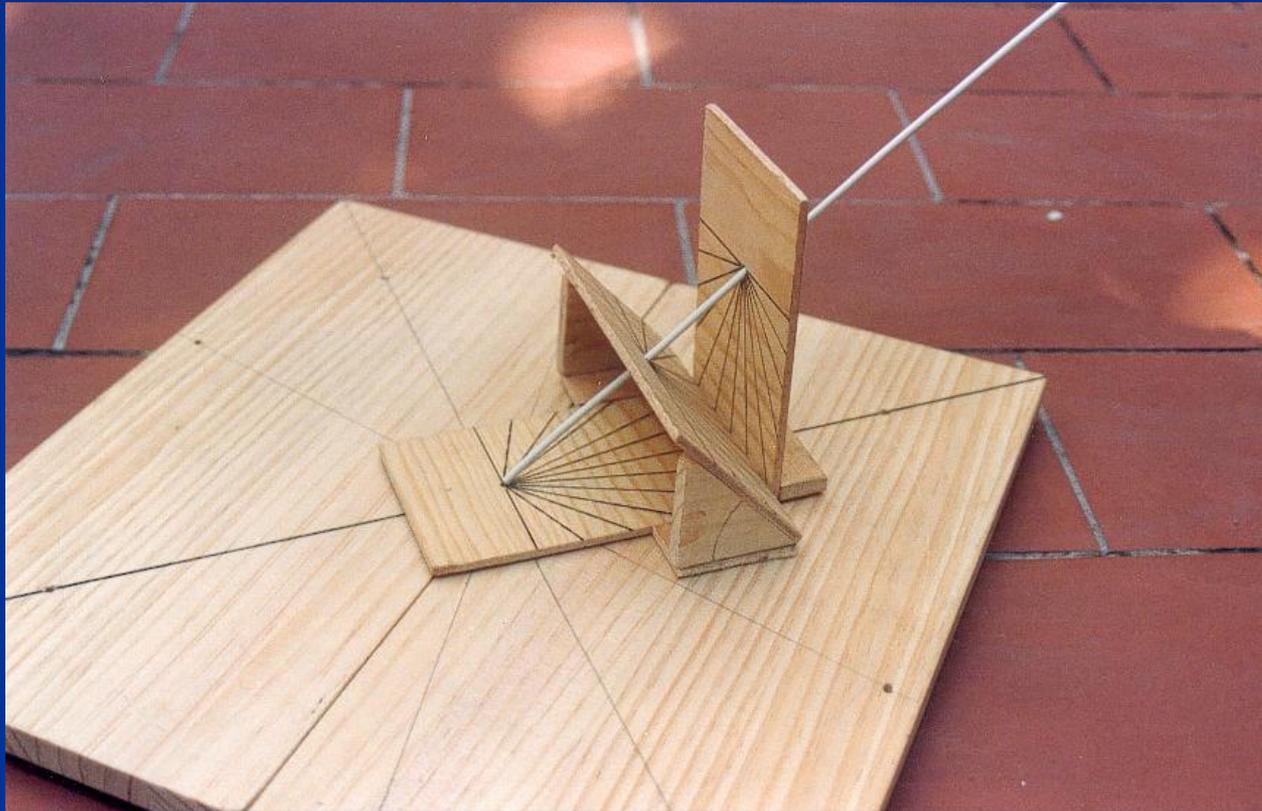
...en el ecuador las trayectorias cambian de cóncavas a convexas



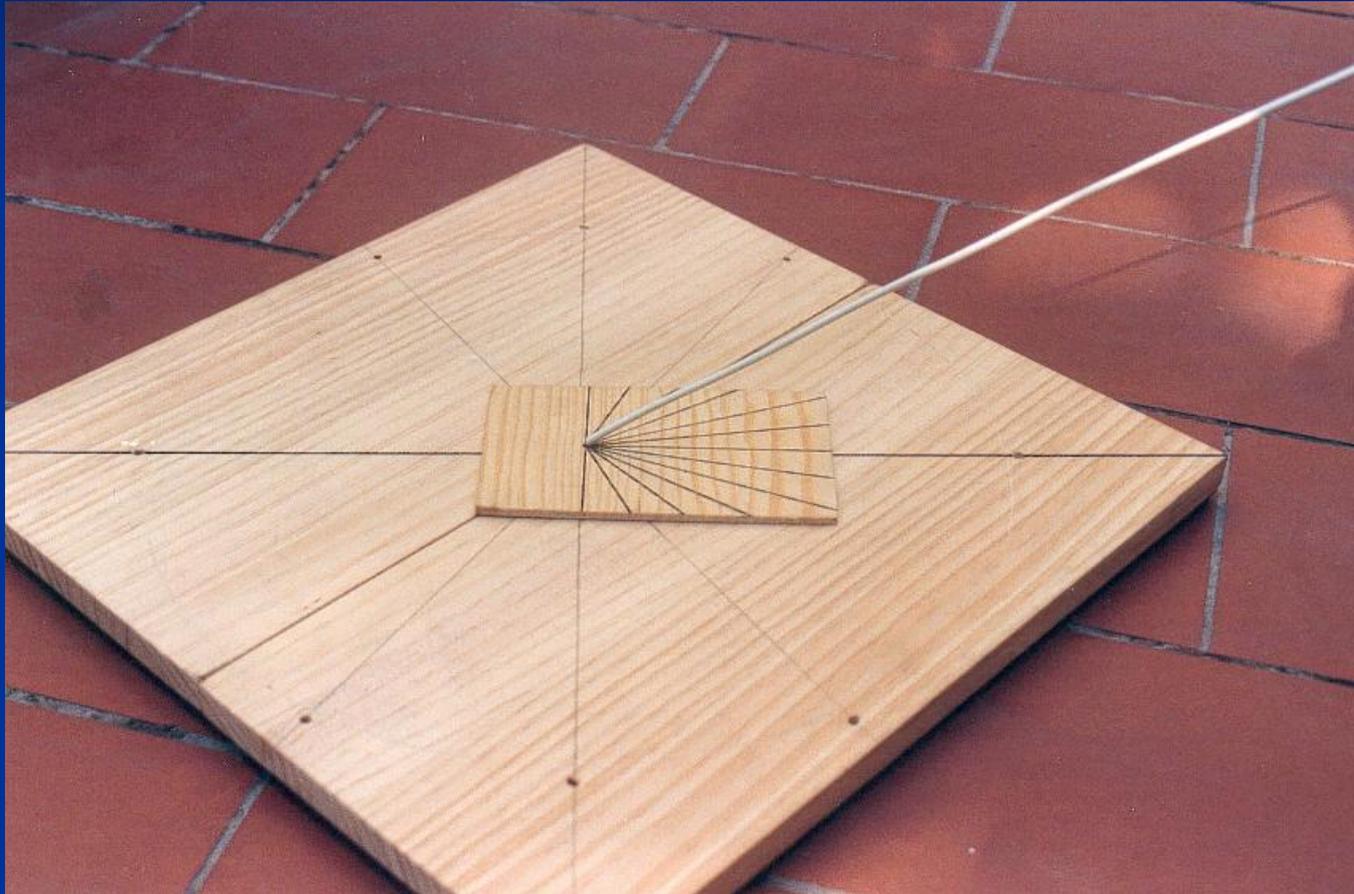
...el modelo no es más que un
reloj de Sol ecuatorial !



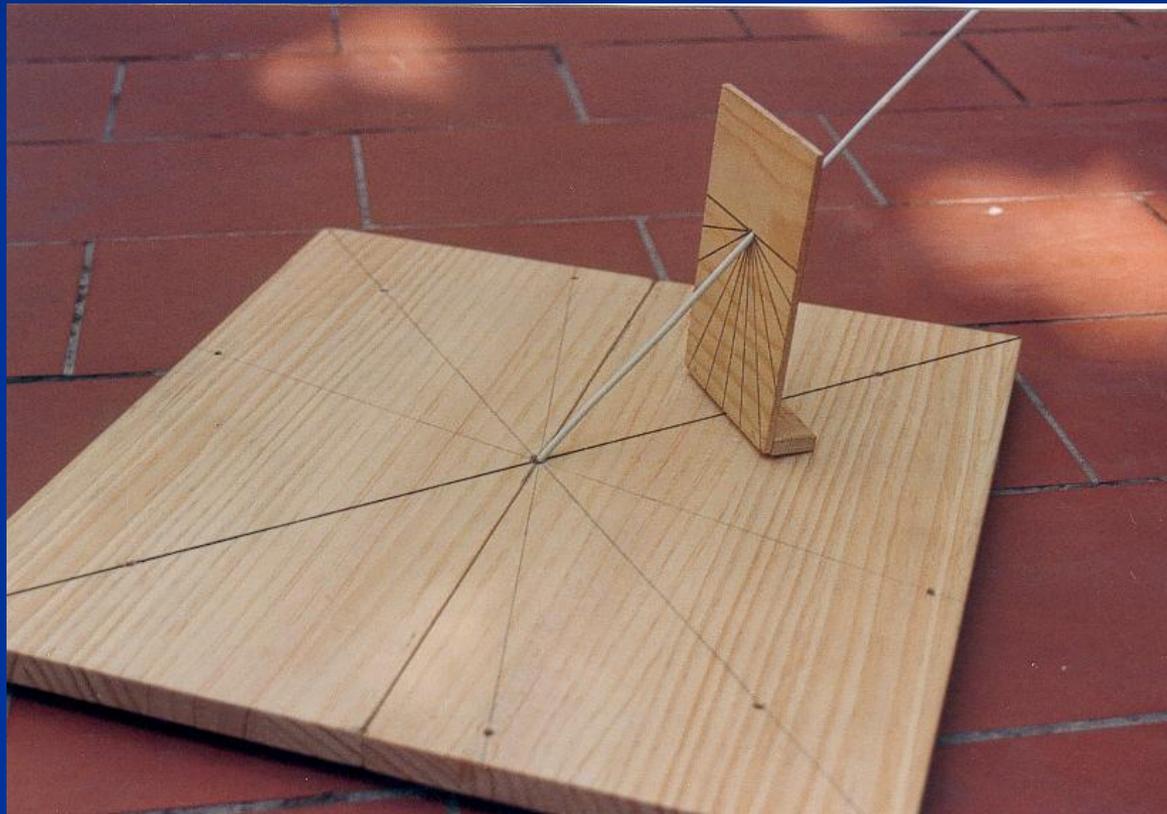
...y se pueden generar otros relojes a partir del ecuatorial



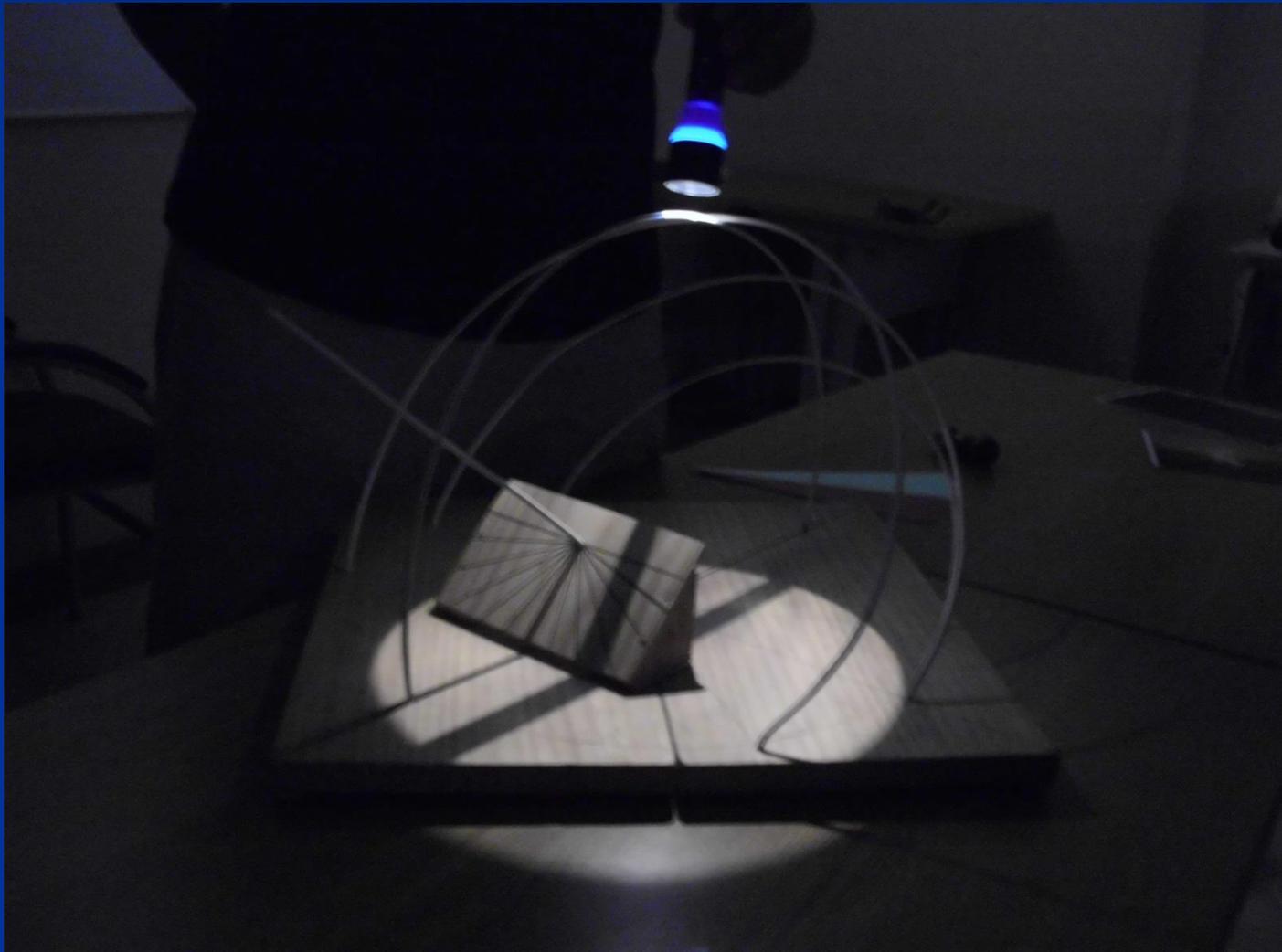
... el horizontal



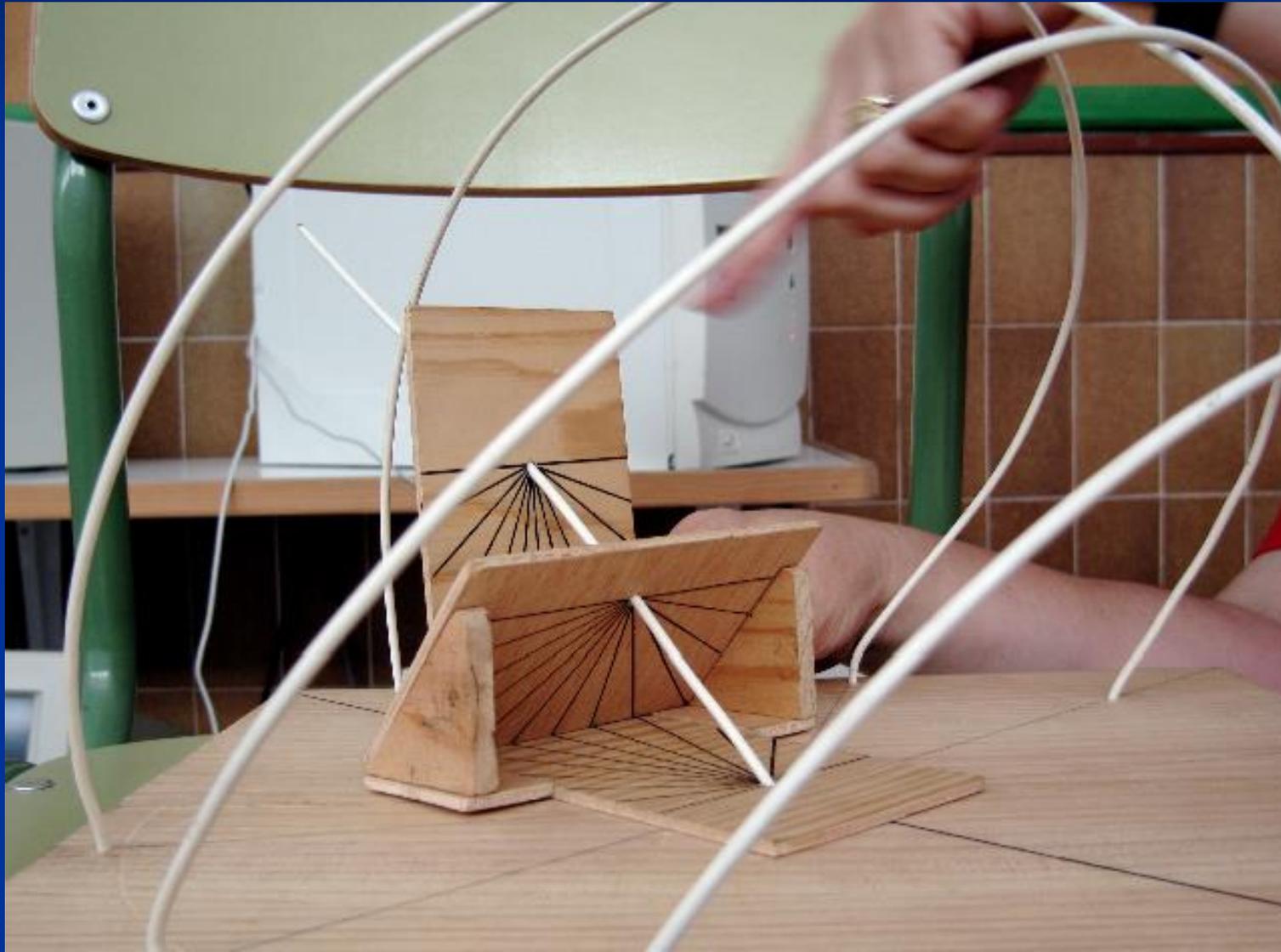
...y el vertical orientado E - W



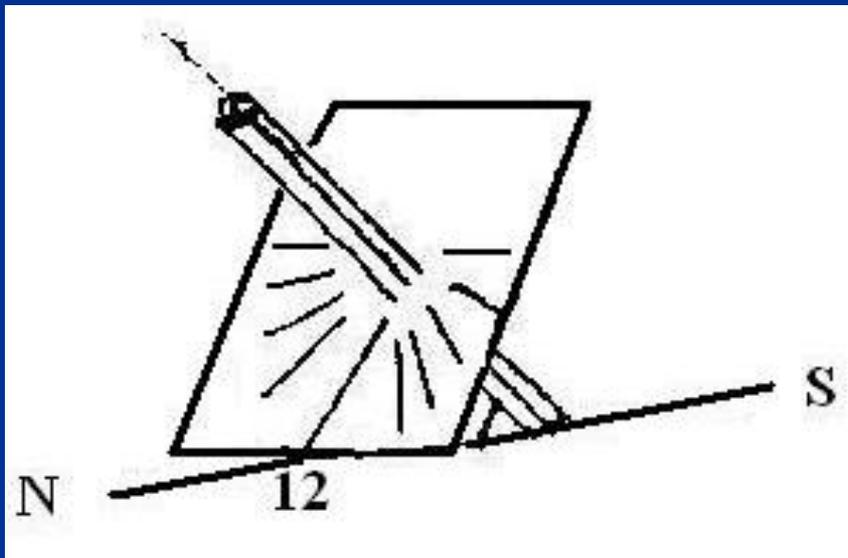
...y con el Sol o con una linterna
observar el modelo como reloj solar



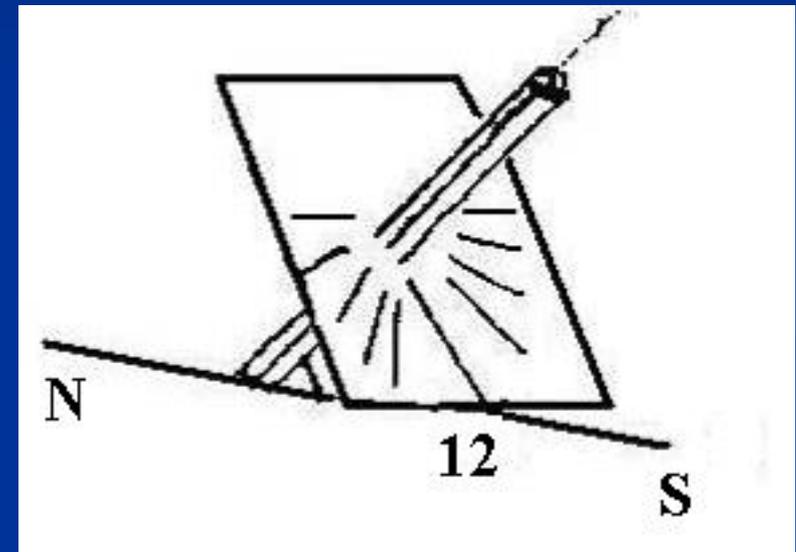
Los tres relojes en el modelo



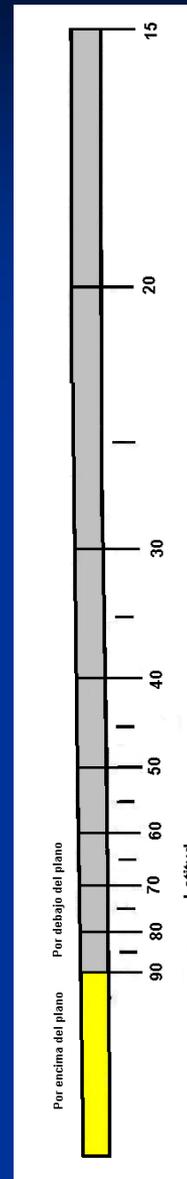
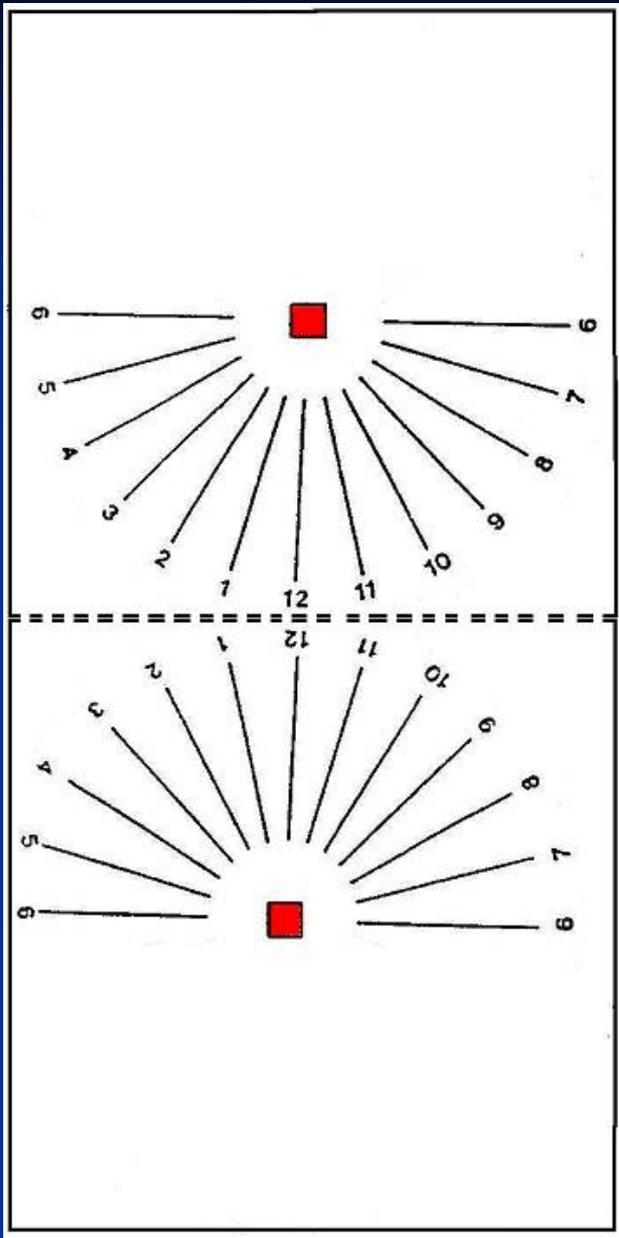
Veamos la construcción de un reloj “ecuatorial” muy sencillo!



- Hemisferio norte



- Hemisferio sur



- Doblar el plano del reloj por la línea de puntos
- Cortar el estilete según la latitud del lugar. La parte amarilla por encima del plano

Leer la hora

$\text{Tiempo Solar} + \text{Ajuste Total} = \text{Tiempo del reloj de pulsera}$

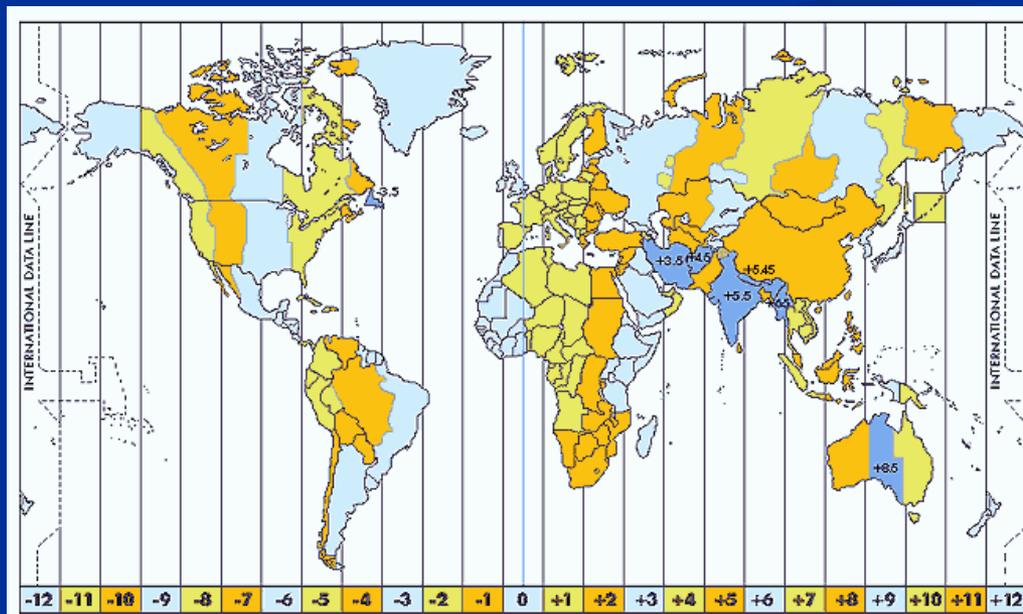
Ajuste Total =

- Ajuste de Longitud
- Ajuste verano/invierno
- Ajuste Ecuación de Tiempo



Leer la hora: Ajuste de Longitud

- El mundo se divide en 24 zonas de tiempo a partir del meridiano 0 ó meridiano de Greenwich.
- Hay que conocer la longitud local y la longitud del meridiano “standard” de su zona.
- Con signo + hacia el Este y con signo – hacia el Oeste.
- Hay que expresar las longitudes en h, m y s ($1^\circ = 4 \text{ m}$).



Leer la hora: Ajuste verano/invierno

- Muchos países tienen el tiempo de verano y el de invierno. Se suele añadir una hora en verano.
- El cambio de horario de verano/invierno es una decisión del gobierno del país.



Leer la hora: Ajuste Ecuación de Tiempo

- La Tierra gira en torno al Sol según la ley de las áreas en un movimiento no constante. Se define el tiempo medio (de los relojes mecánicos) como el promedio a lo largo de un año completo.
- La Ecuación de Tiempo es la diferencia entre el «Tiempo Solar Real» y el «Tiempo Medio».

días	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	+3.4	+13.6	+12.5	+4.1	-2.9	-2.4	+3.6	+6.3	+0.2	-10.1	-16.4	-11.2
6	+5.7	+5.1	+11.2	+2.6	-3.4	-1.6	+4.5	+5.9	-1.5	-11.7	-16.4	-9.2
11	+7.8	+7.3	+10.2	+1.2	-3.7	-0.6	+5.3	+5.2	-3.2	-13.1	-16.0	-7.0
16	+9.7	+9.2	+8.9	-0.1	-3.8	+0.4	+5.9	+4.3	-4.9	-14.3	-15.3	-4.6
21	+11.2	+13.8	+7.4	-1.2	-3.6	+1.5	+6.3	+3.2	-6.7	-15.3	-14.3	-2.2
26	+12.5	+13.1	+5.9	-2.2	-3.2	+2.6	+6.4	+1.9	-8.5	-15.9	-12.9	+0.3
31	+13.4		+4.4		-2.5		+6.3	+0.5		-16.3		+2.8



Leer la hora:

Ejemplo 1: Barcelona (España) el 24 de Mayo.

Ajuste	Comentario	Resultado
1. Longitud	Barcelona esta en la misma zona “standard” que Greenwich. Su longitud es $2^{\circ}10'E = 2.17^{\circ} E = 8.7m$ (1° es equivalente a 4 m)	-8.7 m
2. Horario de verano	Mayo tiene horario de verano +1h	+ 60 m
3. Ecuación de Tiempo	Leemos la tabla para el 24 de Mayo	-3.6 m
Total		+47.7 m

Por ejemplo a las 12h de tiempo solar, nuestros relojes de “pulsera” señalan
(Tiempo solar) $12h + 47.7 m = 12h 47.7 m$ (Tiempo del reloj de pulsera)

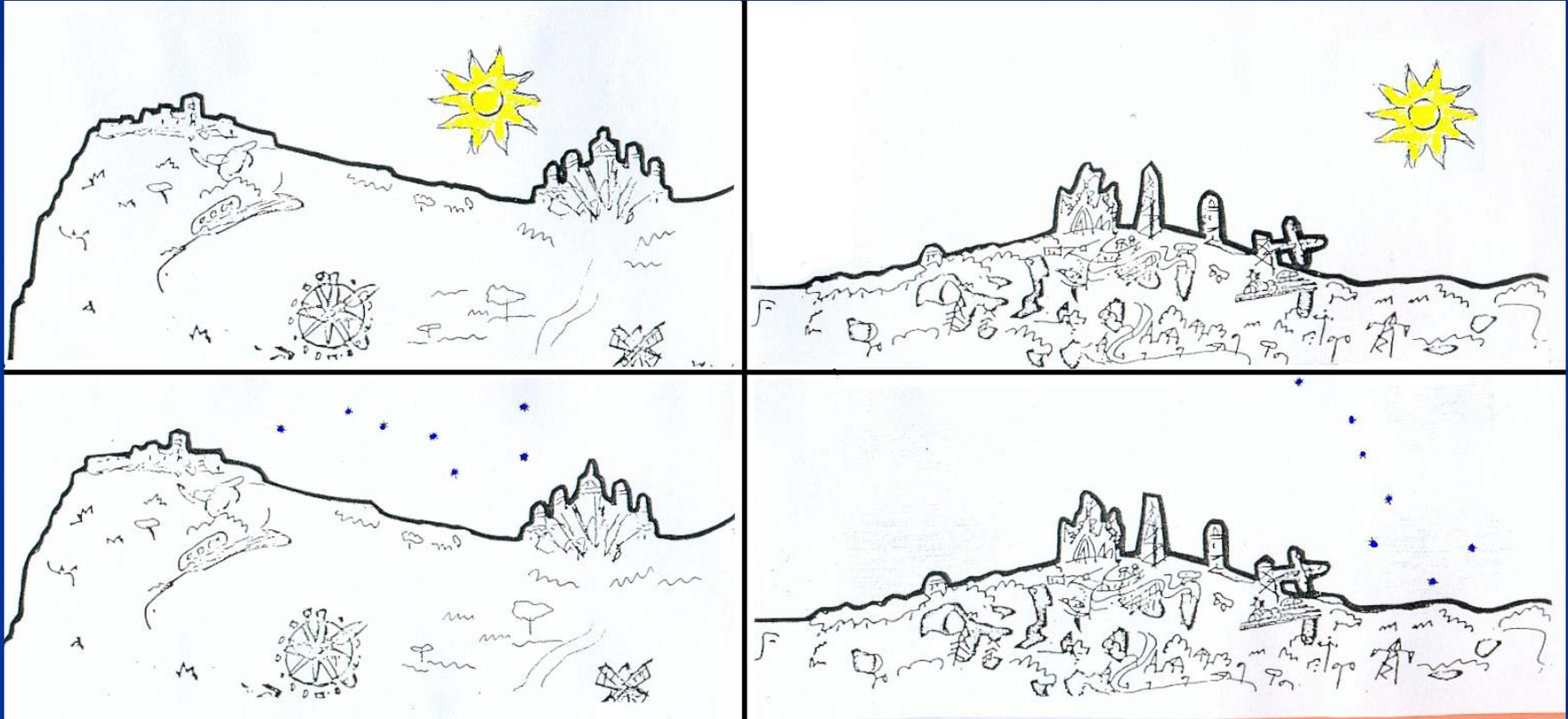
Leer la hora

Ejemplo 2: Tulsa Oklahoma (Estados Unidos) 16 de Noviembre

Ajuste	Comentario	Resultado
1. Longitud	El meridiano estándar de Tulsa esta a 90° W. Su longitud es $95^\circ 58' W = 96^\circ W$, entonces esta a $6^\circ W$ desde el meridiano estándar (1° es equivalente a 4 m)	+24 m
2. Horario de invierno	Noviembre no tiene horario de verano	
3. Ecuación de Tiempo	Leemos la tabla para el 16 de Noviembre	-15.3 m
Total		+ 8.7 m

Por ejemplo a las 12h de tiempo solar, nuestros relojes de “pulsera” señalan (Tiempo solar) $12h + 8.7 m = 12h 8.7 m$ (Tiempo del reloj de pulsera)

El modelo sirve para orientarse ...



...para observar y entender...



Conclusiones

- Se comprenden las figuras “vistas” desde dentro y desde fuera.
- Se llega a niveles de abstracción que permiten leer libros y hacer observaciones.
- Se orientan en el horizonte real.
- Se ve que el Sol no sale siempre por el este y se pone por el oeste.



¡Muchas gracias
por su atención!

