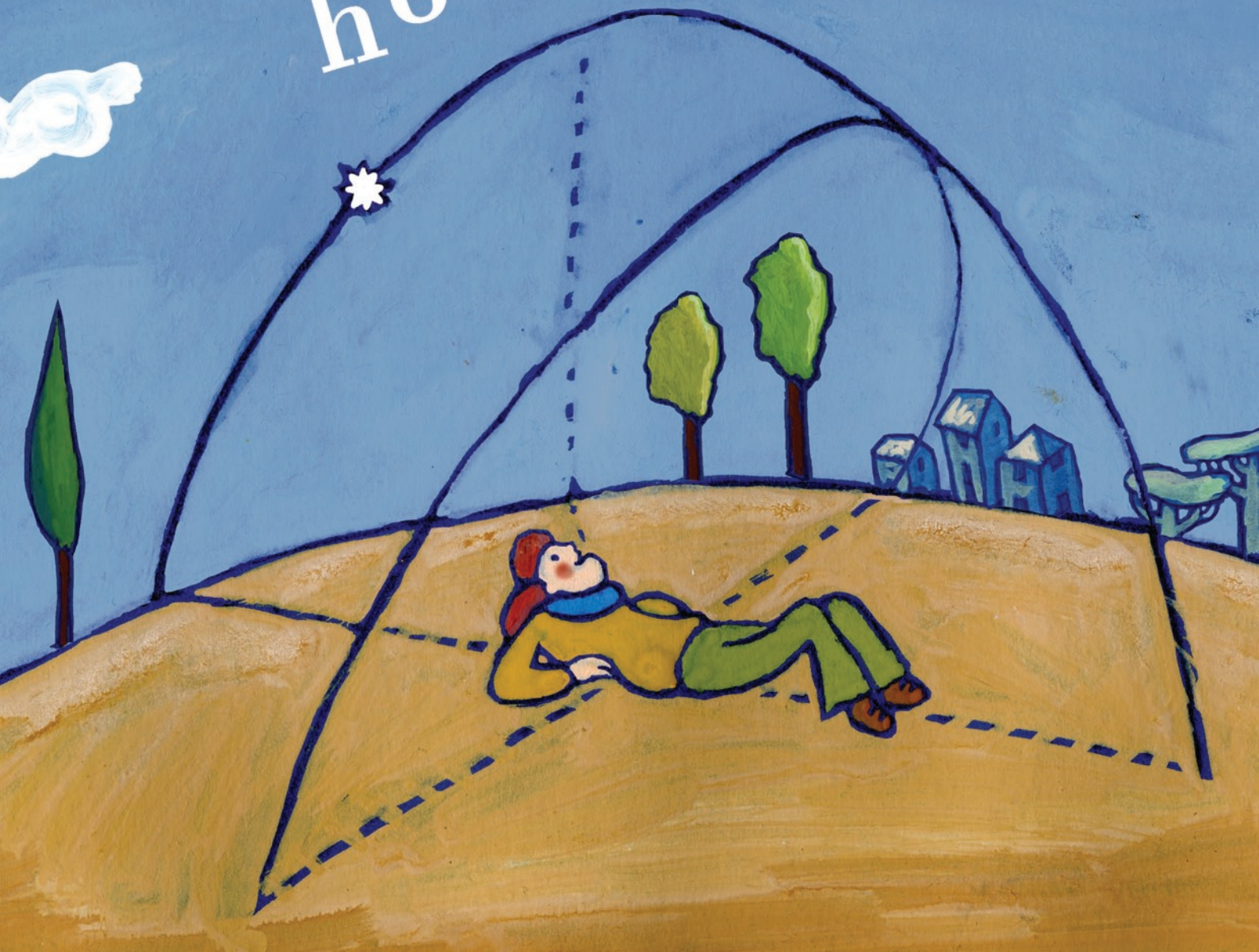


encima del horizonte





Primera edición: Julio 2012
© EU-UNAWA, 2012

© Jaime Fabregat, Rosa M. Ros,
2012 por el texto

© Maria Vidal, 2012 por las
ilustraciones.

Edición:
Jaime Fabregat Fillet y
Rosa M. Ros Ferré

Revisión de los textos:
Eloi Arisa y Carme Alemany

Diseño gráfico:
Maria Vidal

El libro “Encima del Horizonte” ha
sido financiado con fondos del
Seventh Framework Programme
([FP7/2007-2013]) de la Comunidad
Europea bajo el acuerdo n° 263325

Depósito Legal: B-34004-2012
Impreso en la UE
ISBN: 978-84-15771-12-8

encima del horizonte

Jaime Fabregat
Rosa M^a Ros

EU-UNAWA, 2012



La Agencia Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) es la mayor institución pública de España dedicada a la investigación científica y el desarrollo tecnológico. Tiene como objetivo el fomento, desarrollo y difusión de la investigación científica y tecnológica para contribuir al avance del conocimiento y al desarrollo económico, social y cultural. El CSIC es una institución comprometida con la educación científica y presta su apoyo a los trabajos de los programas UNAWE y EU-UNAWA pensados especialmente para los niños.

www.csic.es



EU-UNAWA es un proyecto didáctico de la Unión Europea basado en el programa UNAWE. Ambos proyectos utilizan la belleza y la grandeza del Universo para alentar a los niños pequeños, en particular a los de medios desfavorecidos, a tener interés en la ciencia y la tecnología, y fomentar su sentido de ciudadanía global desde la más temprana edad. Aunque UNAWE fue fundada en 2005, ya está activa en 40 países y cuenta con una red global de más de 500 astrónomos, profesores y educadores.

EU-UNAWA está dirigido a implementar actividades de sensibilización acerca del Universo en seis países en tres años: Alemania, España, Italia, Países Bajos, Reino Unido y Sudáfrica. El proyecto incluye la organización de cursos de formación docente y desarrollo de material práctico para niños. A largo plazo, EU-UNAWA pretende ayudar a producir la próxima generación de científicos europeos y hacer que los niños de las zonas desfavorecidas se den cuenta de que son parte de una comunidad mucho más grande: Europa.

es.unawe.org

Introducción

Todos nosotros viajamos sobre una nave: el planeta Tierra. Es sencillo visualizar las consecuencias del movimiento de rotación de nuestro planeta. Vemos los astros moverse sobre nuestro horizonte si simplemente nos paramos a mirar..., pero ya no es tan sencillo detectar los resultados de nuestro movimiento de translación. Para poder observar a lo largo del año con más precisión y poder comprender mejor el movimiento aparente del Sol y las estrellas presentamos un modelo que nos permite relacionar y entender mejor lo que vemos.

Con este trabajo se pueden visualizar elementos tan abstractos como el meridiano local, el ecuador y los trópicos de Cáncer y Capricornio. Realmente el estudiante se puede situar en el interior del modelo para comprender el funcionamiento de un reloj de Sol ecuatorial e incluso se puede usar el modelo como un sencillo calendario que indica la estación del año según sea la posición del Sol respecto del ecuador... y todo ello usando como motor de este artilugio el propio movimiento aparente del Sol.



Figura 1: Observando y razonando con la ayuda del modelo.

El primer modelo

En astronomía se suelen usar representaciones de la esfera celeste vista desde fuera. Sin embargo, al hacer observaciones directas, estamos situados dentro de la misma (figuras 2 y 3). Esta situación desorienta y crea problemas al observar. Para evitar confusiones, realizaremos un modelo del horizonte local que permite asimilar los conceptos astronómicos vistos tanto desde dentro como desde fuera.

Este modelo del horizonte se construye para cada lugar. Con una cámara instalada sobre un trípode tomaremos una serie de fotografías del horizonte cuidando que cada encuadre se superponga con el anterior para poder pegar las fotografías unas junto a otras (señalaremos la posición del trípode marcándola sobre el suelo con pintura, para poder disponerlo de nuevo de forma exactamente igual).

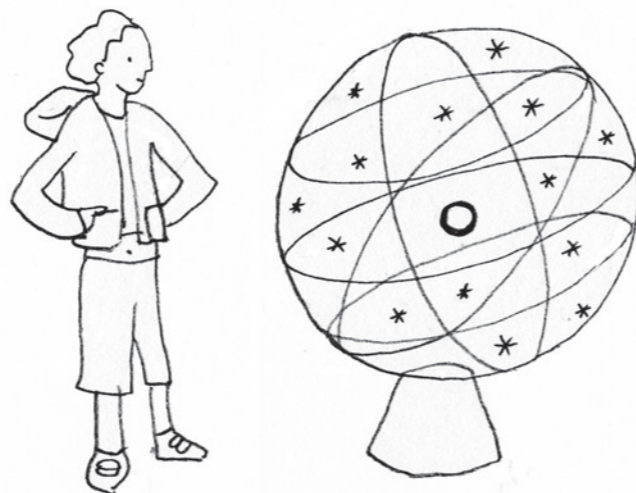


Figura 2: La esfera celeste desde el exterior.

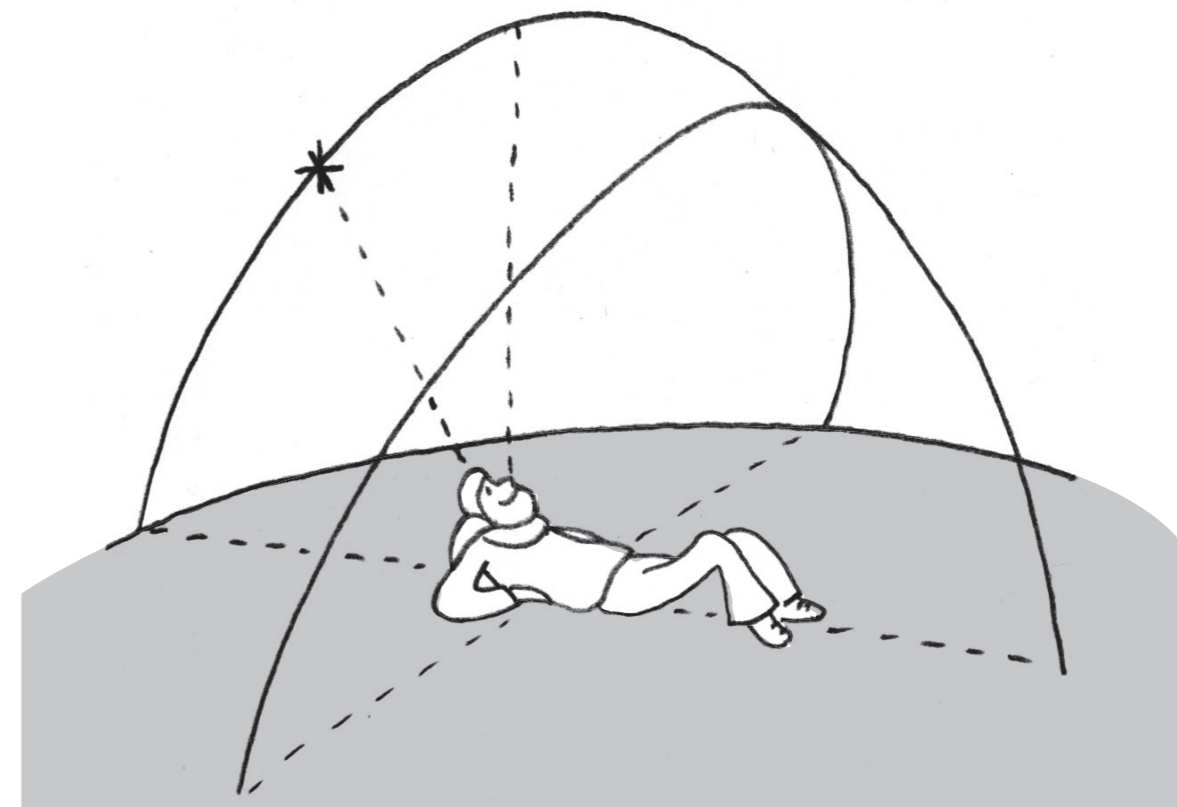


Figura 3: La esfera celeste desde el interior.

Fotografías de tu horizonte

En astronomía se suelen usar representaciones de la esfera celeste vista desde fuera. Sin embargo, al hacer observaciones directas, estamos situados dentro de la misma (figuras 4 y 5). Esta situación desorienta y crea problemas al observar. Para evitar confusiones, realizaremos un modelo del horizonte local que permite asimilar los conceptos astronómicos vistos tanto desde dentro como desde fuera.

Realizaremos el modelo del lugar desde donde observaremos. Una vez impresas las fotografías, fijaremos una a continuación de la otra, hasta formar un cilindro que se corresponda con el horizonte real. Situaremos el cilindro de fotografías sobre un cuadrado de madera (figura 3) de forma que el horizonte del modelo se corresponda con el horizonte real. A continuación iremos introduciendo todos los elementos que se definen sobre la esfera celeste: eje de rotación, meridiano local, ecuador, etc.



Figura 4: Preparando las fotografías del horizonte para realizar el modelo.

Eje de rotación terrestre o eje del Mundo

Comenzaremos por situar el eje de rotación terrestre. Para ello usaremos como referencia la posición de la estrella polar; la inclinación del eje coincide con la altura de la polar sobre el horizonte. Para conocer este ángulo podemos construir un sencillo cuadrante y comprobar que coincide con la latitud del lugar.

La prolongación del alambre, que simboliza el eje de rotación terrestre, sirve para ayudar a visualizar el eje real y localizar el polo norte celeste, y es útil también para imaginar la posición del punto cardinal Norte, como proyección de la polar sobre el plano del horizonte. Sin duda, usando una brújula se puede comprobar que la posición que corresponde al punto cardinal Norte en el horizonte coincide con su dirección. Sobre la madera soporte se puede dibujar la dirección Norte-Sur y visualizar en el modelo y en el horizonte real la zona de casas o árboles que están situados en esa zona (figura 5). A continuación se puede trazar la recta Norte-Sur sobre el suelo del patio o la terraza donde se trabaja. Es muy importante porque cada vez que se vaya a usar el modelo habrá que orientarlo y es muy útil disponer de esta recta Norte-Sur dibujada en el suelo del patio para facilitar el trabajo.

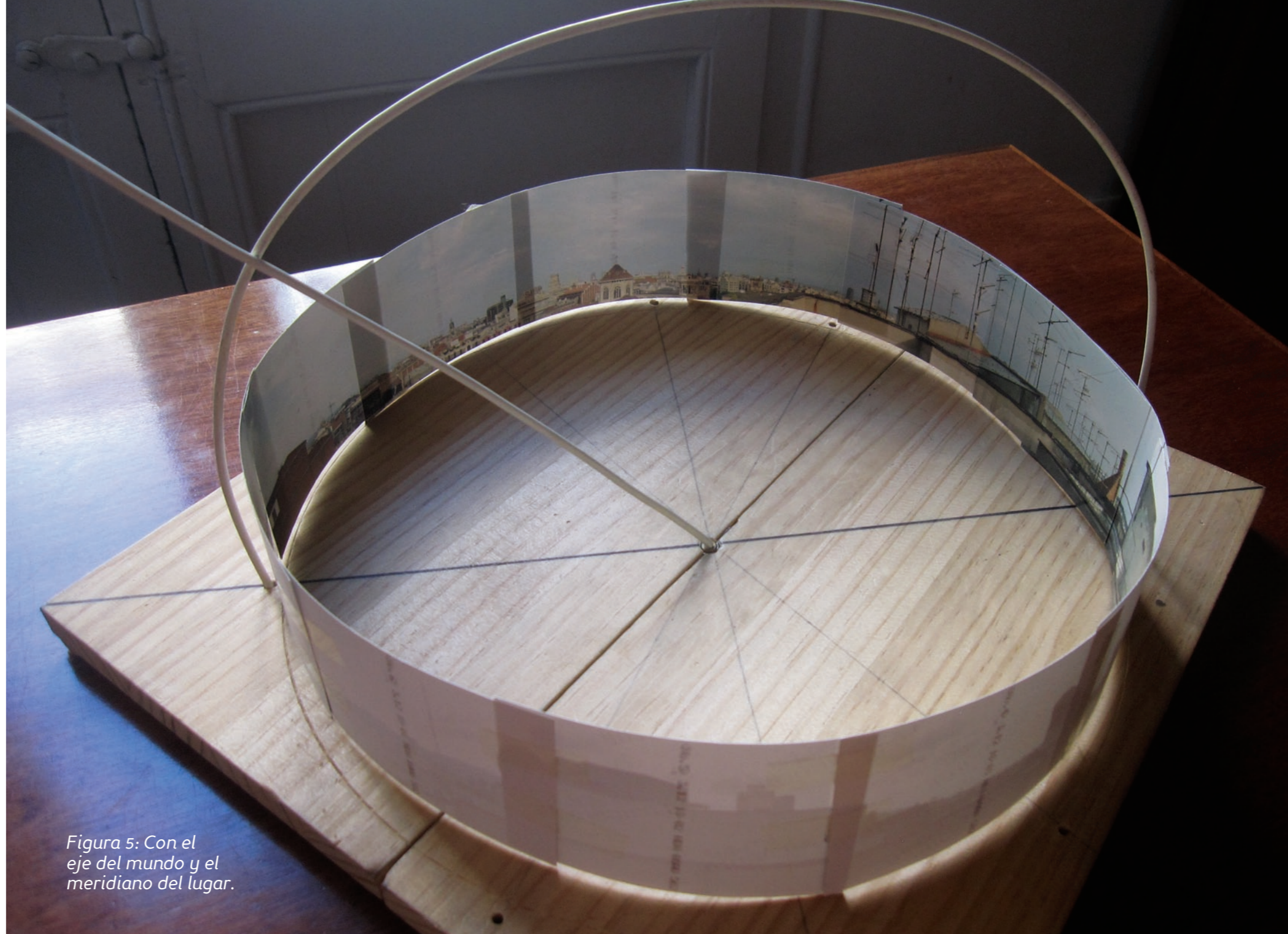


Figura 5: Con el eje del mundo y el meridiano del lugar.

Cuadrante simplificado

Podemos construir un cuadrante para medir ángulos en vertical con un cartabón, un semicírculo graduado, un sacapuntas metálico y un trozo de cordel a modo de plomada.

Es mejor usar un semicírculo de los que tienen un agujerito para situar el origen de los ángulos, ya que introduciremos menos errores.

En primer lugar sujetaremos el bramante al semicírculo graduado por el origen de ángulos y ataremos al otro extremo un peso, por ejemplo un sacapuntas metálico.

Fijaremos el semicírculo en el extremo más puntiagudo del cartabón con cinta adhesiva. Es importante cuidar que el semicírculo quede paralelo al extremo del cartabón donde están dibujados los centímetros (figura 6).



Figura 6: Usando el cuadrante.

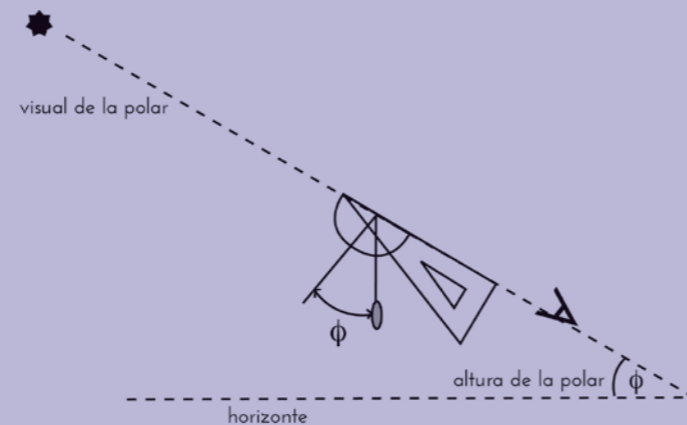


Figura 7: El ángulo ϕ que determina la plomada con los 90° sobre el semicírculo es igual a la altura de la polar sobre el horizonte, ya que la plomada es perpendicular al horizonte y la visual de la polar es perpendicular a la línea de los 90° .

Si miramos la estrella polar por el extremo del ángulo recto del cartabón, siguiendo la visual sobre el lado con la numeración de centímetros del cartabón, otra persona podrá leer el ángulo que determina la plomada con la línea de los 90° . Este ángulo da la altura de la polar sobre el plano del horizonte (figura 7).

Además el ángulo de altura de la polar es el mismo que la latitud del lugar (figura 8). La latitud es el ángulo desde el ecuador terrestre hasta el lugar donde está situado el observador; así pues queda determinado por el plano del ecuador y la plomada por el cenit del observador y este ángulo según se ve en la figura 8 coincide con el ángulo determinado por el plano del horizonte (perpendicular a la plomada) y el eje de rotación terrestre (perpendicular al ecuador).

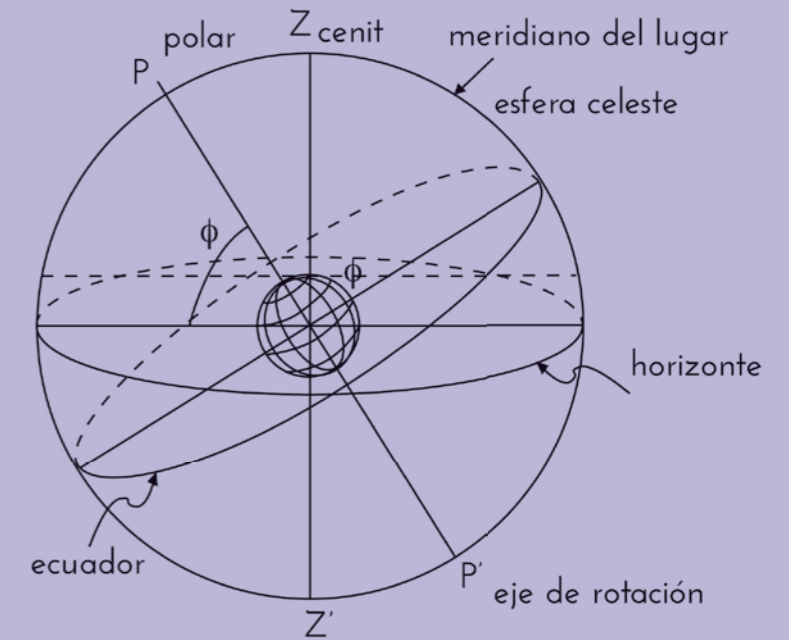


Figura 8: La latitud del lugar ϕ es el ángulo determinado por el ecuador y la plomada por el cenit o, lo que es lo mismo, el ángulo que forma el eje de rotación terrestre sobre el plano del horizonte. Este dibujo no está a escala, ya que la Tierra se reduce a un punto si la comparamos con el radio infinito de la esfera celeste.

Meridiano del Lugar

El siguiente paso consiste en situar el meridiano del lugar. Fijaremos un alambre que pase por encima de la cabeza del observador (el cenit), y los puntos cardinales Norte y Sur (figura 5). Este alambre es la visualización del meridiano del lugar en el modelo, pero permite imaginar sobre el cielo la línea del meridiano local ya que empieza en los mismos lugares que vemos en el modelo. El meridiano local comienza en el mismo edificio que en la fotografía, pero en el horizonte real, y después de pasar por encima de nuestra cabeza, acabará en el mismo edificio que se visualiza gracias al alambre en el horizonte de fotografías.

También se puede tomar una serie de fotografías del meridiano del lugar si las realizamos de noche en un lugar sin contaminación lumínica. Comenzaremos por tomar una de la zona del polo, otra de la zona por encima de ella siguiendo el meridiano local, otra a continuación siguiendo también el mismo meridiano y así sucesivamente hasta conseguir la fotografía que ya está rasante al horizonte (figura 9).

Cuando se impriman todas las fotografías podremos pegar una con otra hasta conseguir una cinta del meridiano con todas ellas. Es interesante ver que con el mismo tiempo de exposición la trayectoria dibujada por una estrella cambia de longitud. Es mínima en torno al polo y es máxima en el ecuador. También cambia de forma. En el ecuador la trayectoria dibuja una línea recta. En la zona próxima a la polar las líneas son curvas cóncavas y por debajo del ecuador son convexas. Si hacemos suficientemente grandes las copias de las fotografías, podemos situar la cinta por encima de nuestra cabeza, lo que permitirá visualizar y comprender mejor el movimiento.

Figura 9: El meridiano local con fotografías.

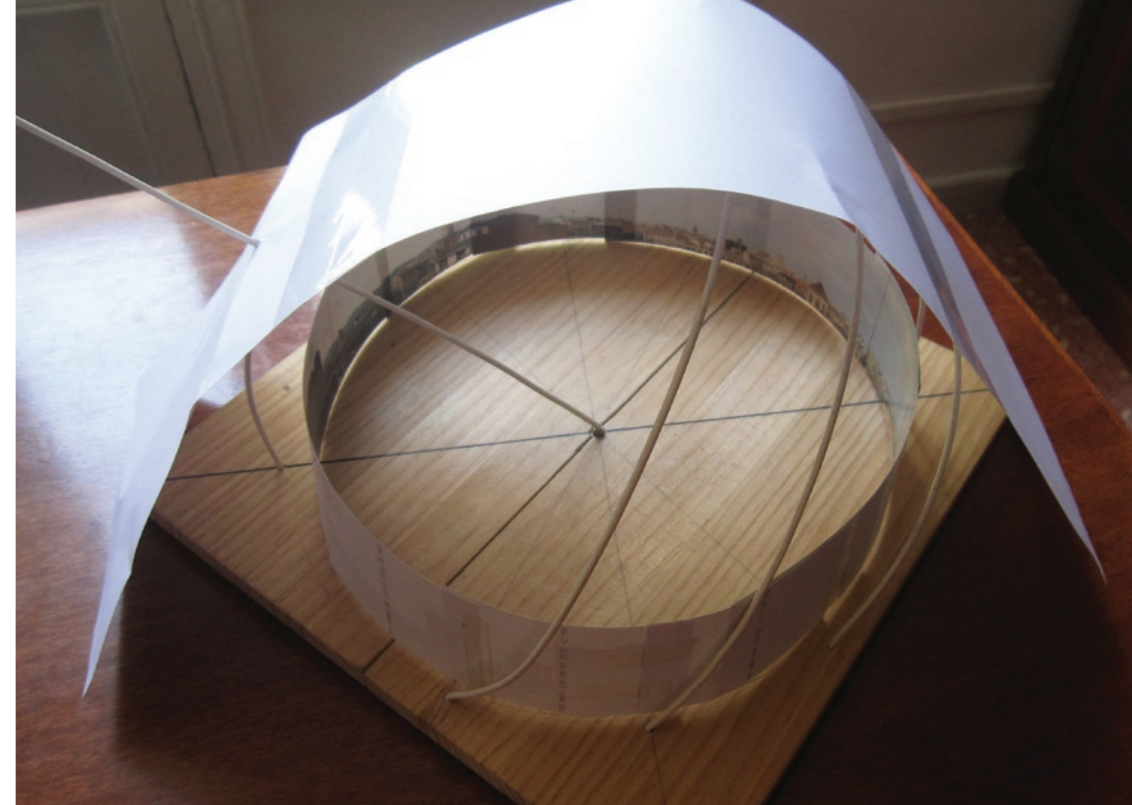
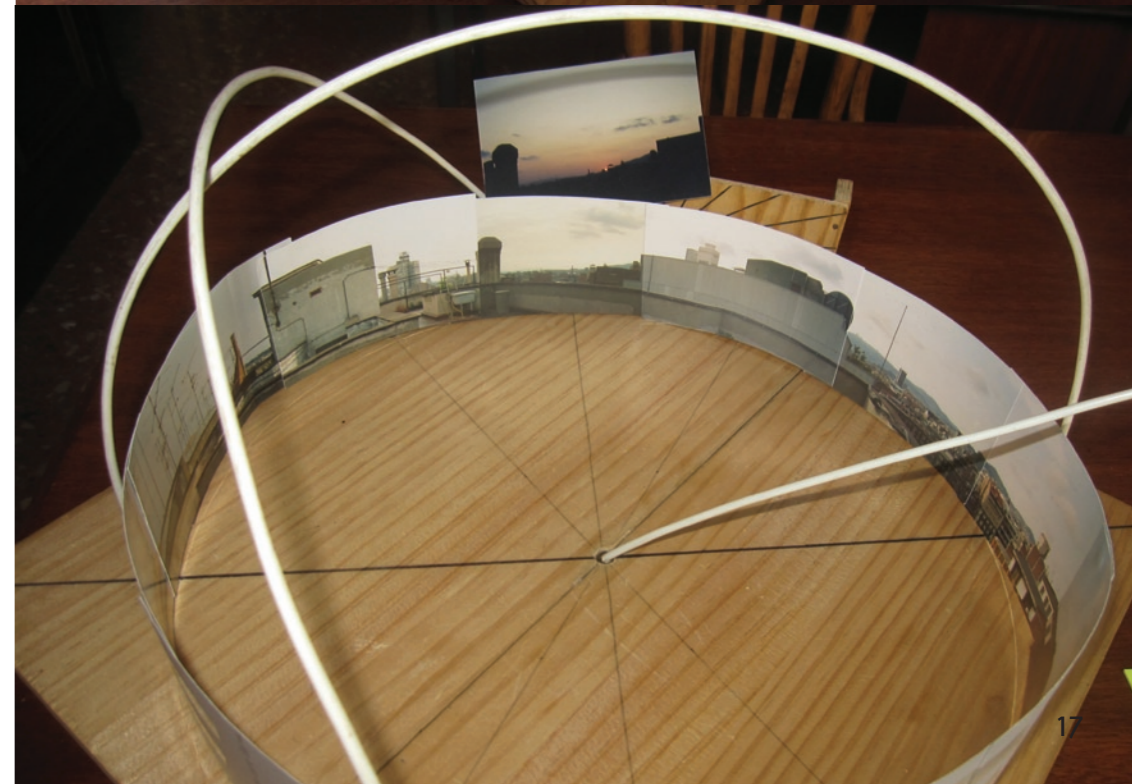


Figura 10: Punto de puesta del Sol el día del equinoccio de primavera o de otoño.



Ecuador celeste

Con la cámara sobre el trípode, y situados en el mismo lugar donde tomamos las fotografías del horizonte (por este motivo se dibujaron en el suelo las marcas del trípode), se toma una foto de la salida y la puesta de Sol el primer día de primavera o de otoño (figura 10). En este caso, tendremos dos instantáneas de la posición precisa de los puntos cardinales Este y Oeste respectivamente en el horizonte de las fotografías y obviamente sobre el horizonte real. Los días de los equinoccios el Sol recorre exactamente el ecuador.

El ecuador se simula por medio de un alambre perpendicular al eje de rotación terrestre que empieza y acaba en los puntos cardinales Este y Oeste (sobre el plano de madera que simula el horizonte, en una recta perpendicular a la Norte-Sur). No es sencillo fijar el círculo de alambre perpendicular al alambre que simboliza el eje de rotación. Para saber cuál es la inclinación apropiada basta tomar un conjunto de cuatro o cinco fotografías de la salida del Sol (una cada medio minuto hasta que nos moleste mirar el Sol). Al superponer estas fotos con Photoshop tendremos la inclinación del Sol a la salida y por lo tanto la inclinación que debe tener el alambre que representa el ecuador (figura 11). También se puede hacer a la puesta del Sol en lugar de a la salida.

Si se considera el Sol como una estrella

más (el Sol está más próximo y de día nos deslumbra, pero su comportamiento no es diferente al de las otras estrellas) puede obtenerse la inclinación del ecuador sin más que fotografiar el movimiento de las estrellas cuando éstas salen o se ponen por el horizonte. Para ello basta con tomar una fotografía de la zona del punto cardinal Este o del punto cardinal Oeste (figura 12). Para tomar las fotografías de las trazas de las estrellas es preciso salir al campo un día sin Luna e ir a un lugar suficientemente apartado sin contaminación lumínica. Algunos minutos de tiempo de exposición son suficientes. Es muy importante situar la cámara paralela al horizonte (para realizar esta operación se puede utilizar un nivel de burbuja).

Usando las dos fotografías de la trayectoria del Sol a la salida o a la puesta, o bien las fotografías nocturnas de las trazas de las estrellas en los puntos cardinales Este y Oeste, es posible conocer la inclinación de las trazas de las estrellas en el ecuador, y por lo tanto es posible situar sin problemas el alambre que simboliza el ecuador. Como ya sabemos los puntos donde fijarlo y también la inclinación, ya se puede introducir el alambre sobre la madera y también sujetarlo con el meridiano local para que no se mueva fácilmente (figuras 11 y 12).

Figura 11: Traza de la salida del Sol .

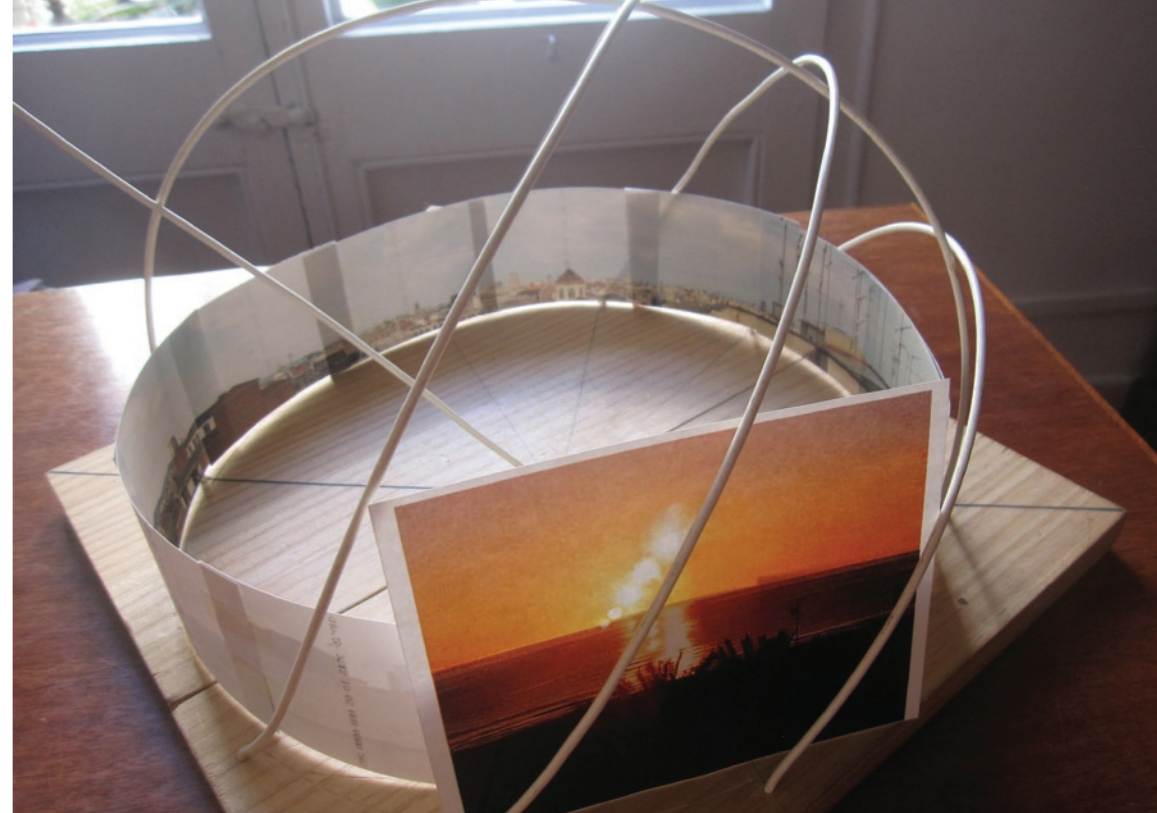
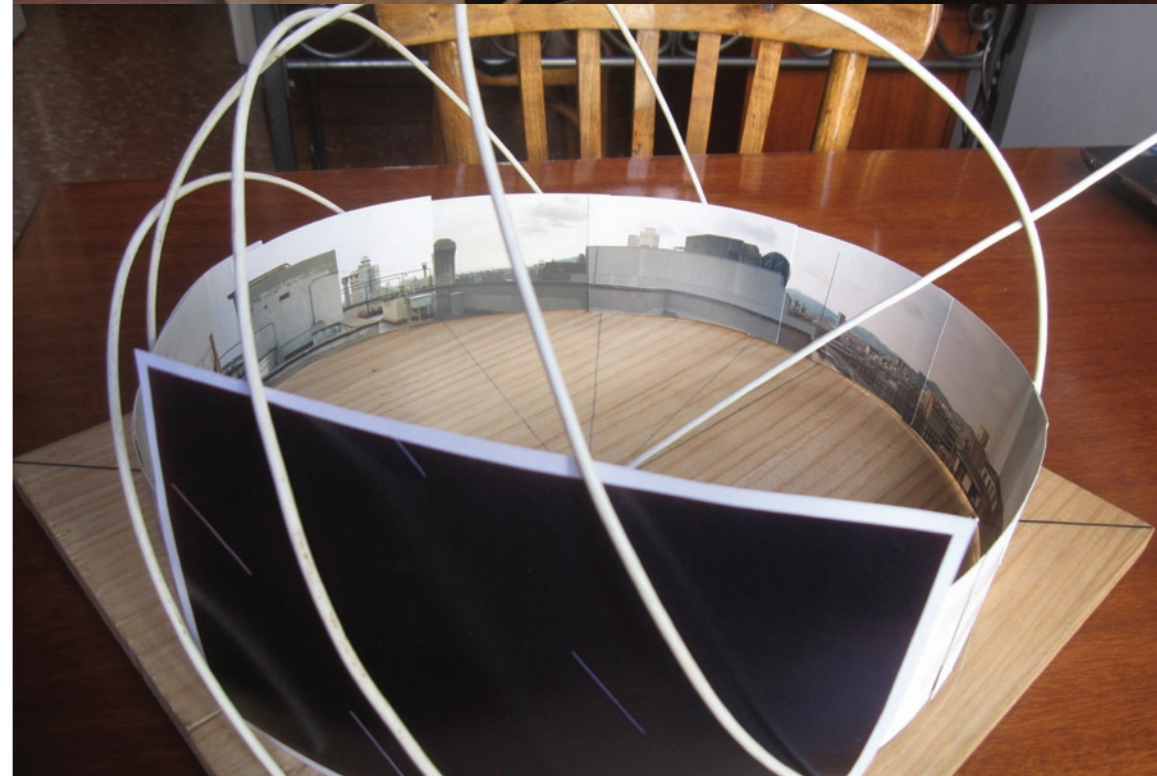


Figura 12: Trazas de las estrellas en la zona Este.



Paralelos de Cáncer y Capricornio

Si se toman de nuevo fotografías de la salida y puesta del Sol el primer día de invierno y el primer día de verano, se puede ver que el Sol no sale y se pone por el Este y el Oeste respectivamente. Fijaremos los alambres paralelos al ecuador pasando por esos puntos y tendremos una representación de la zona por donde se mueve el Sol a lo largo de un año (los dos alambres se corresponden con los paralelos de primer día de verano o Cáncer y primer día de invierno o Capricornio). Evidentemente los paralelos tienen la misma inclinación que el ecuador, exactamente la colatitud de lugar ($90-\Phi$).

Con un simple transportador es posible verificar que el ángulo interior entre el paralelo de Cáncer y el ecuador es aproximadamente 23.5° , y que este ángulo es también el formado entre el ecuador y el paralelo de Capricornio (figura 14).

Las dimensiones del modelo deben ser inversamente proporcionales a la edad del usuario. Para una escuela de primaria las dimensiones del modelo deben permitir que los niños puedan entrar dentro de él. En este caso el modelo del horizonte se entremezcla con el horizonte real todavía de forma mucho más evidente.

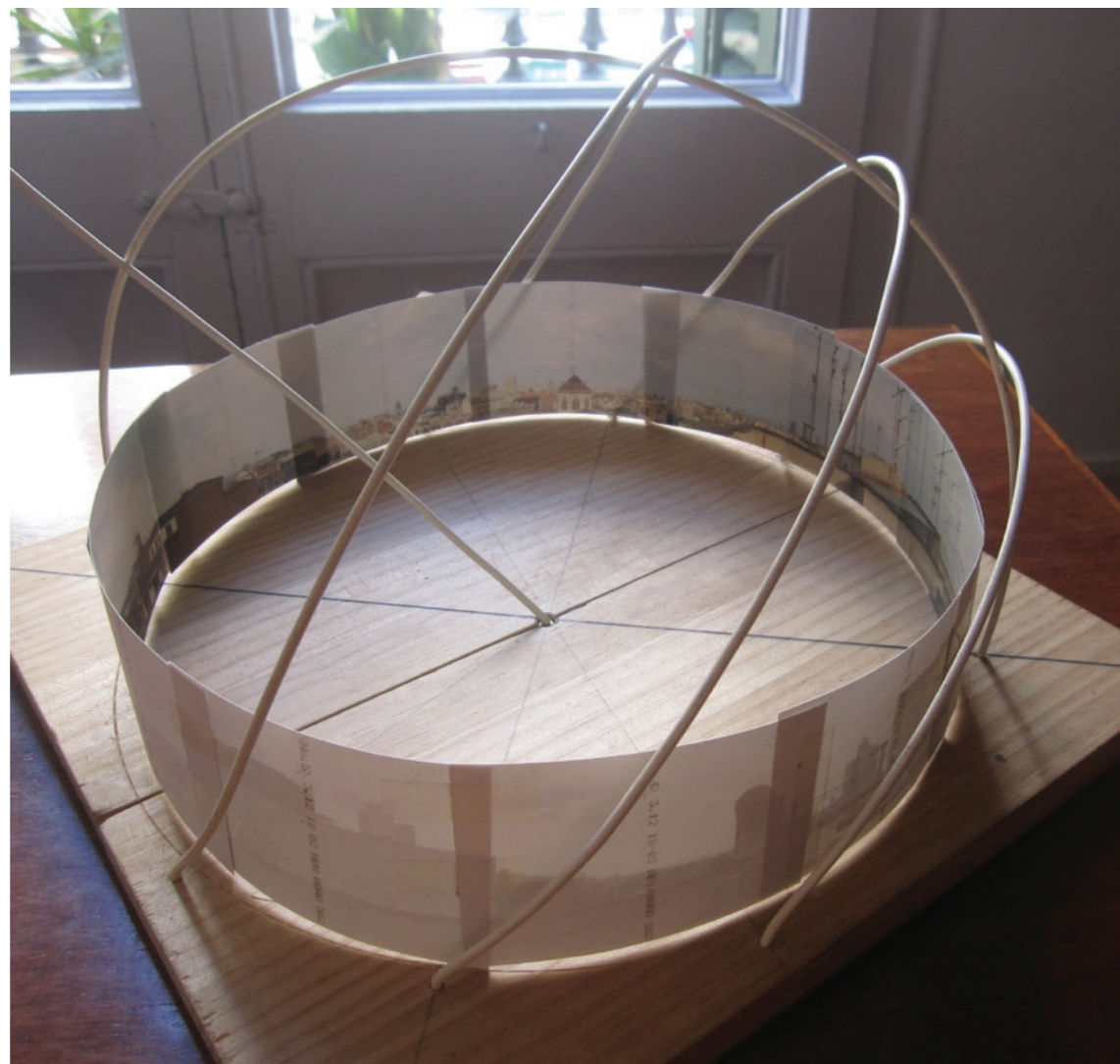


Figura 13: Trayectorias del Sol el primer día de cada estación.

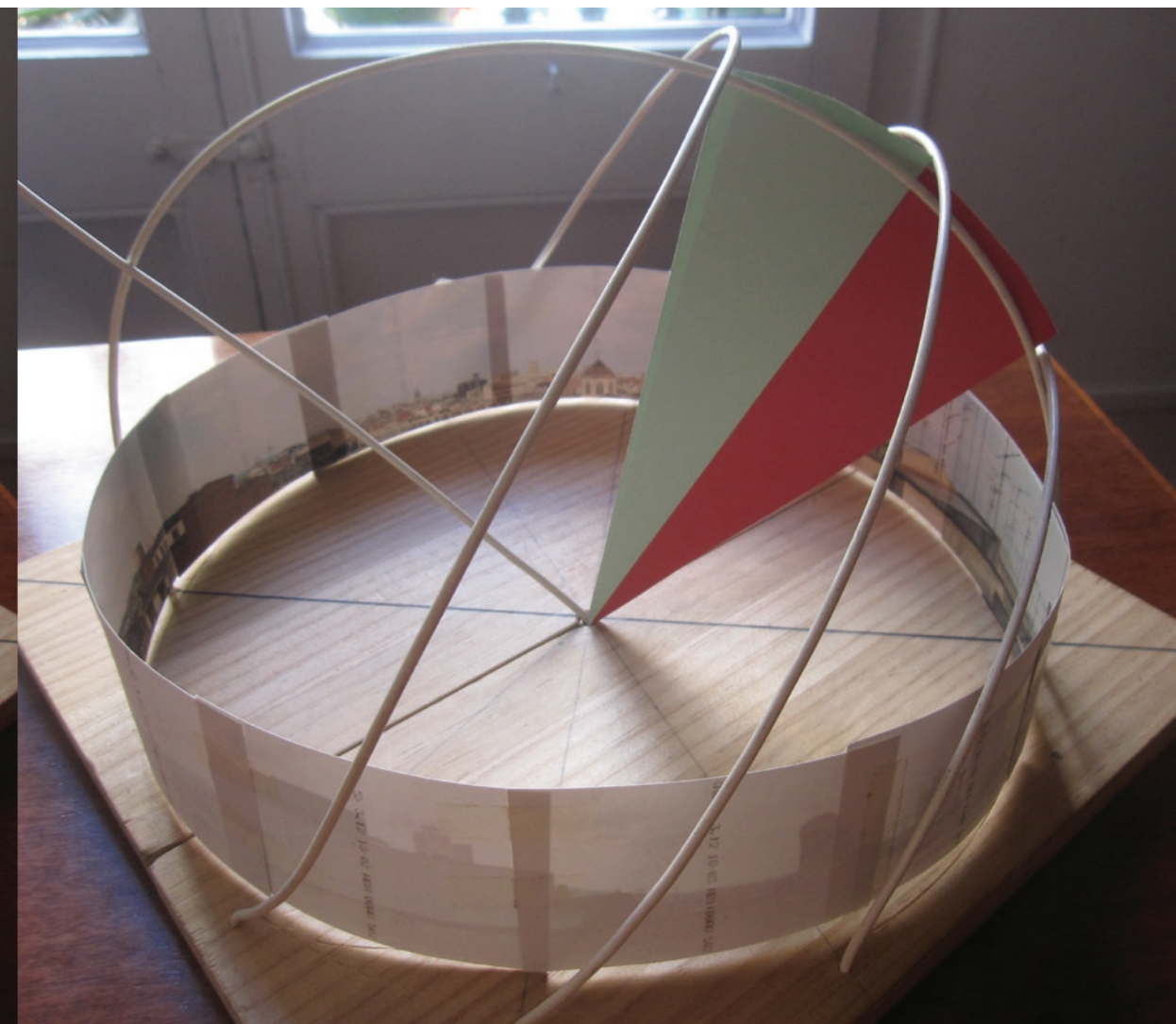


Figura 14: El ángulo entre dos trayectorias del primer día de dos estaciones consecutivas es de 23.5°

Reloj solar

El modelo realizado también tiene otras aplicaciones: no es más que un reloj de Sol, un reloj de Sol ecuatorial. El Sol da una vuelta completa al eje de rotación terrestre en un día, esto es en 24 horas. Consideramos un reloj que tenga como plano el del ecuador y como estilete el eje de rotación terrestre. El Sol dará una vuelta de 360 grados en 24 horas; si dividimos $360/24$ obtenemos 15, es decir que recorrerá 15 grados en una hora. Las 12 horas estarán sobre el plano del reloj y se proyectarán sobre la recta Norte-Sur (figura 15). A partir de ella dibujaremos a 15 grados, hacia un lado y el otro, las líneas horarias de la mañana y de la tarde. Volvamos pues al modelo. Si introducimos un plano perpendicular al eje de rotación en la dirección del plano ecuatorial y movemos una linterna sobre el paralelo de Cáncer, se puede ver la sombra del estilete (el alambre que representa el eje de rotación terrestre) recorriendo el plano del cuadrante ecuatorial. Cuando movemos la linterna sobre el paralelo de Capricornio, la sombra aparece en la zona de debajo del plano. Resumiendo, el reloj ecuatorial funciona en verano y primavera mostrando las horas sobre el plano del reloj, en invierno y otoño debajo del mismo, y dos días al año no funciona: los días de los equinoccios de primavera y otoño que es cuando el Sol recorre el ecuador.

Reloj ecuatorial

Vamos a construir un reloj ecuatorial con una carpeta DIN5 de cartulina, un lápiz, una hoja de papel DIN4 y un poco de plastilina o masilla adhesiva que nos permita poder sujetar las diferentes piezas. Para dibujar sobre la hoja de papel y tomar los diferentes ángulos usaremos una regla y un semicírculo graduado.

Comenzamos por agujerear la carpeta más o menos por el centro y pasamos el lápiz a través del agujero y de forma que friccione y se mueva con dificultad (no es bueno que el agujero quede muy amplio porque se pierde precisión). Sacamos el lápiz del agujero. Doblaremos la hoja de papel por el medio y ponemos la carpeta en medio de la hoja doblada. Introducimos de nuevo el lápiz agujereando ahora el papel. Sacamos el papel y lo desdoblamos encima de la mesa. Con la regla dibujaremos una línea del centro de un agujero al otro. Esta línea será la de las 12 del reloj. A partir de ella y con centro en el agujero se dibujan las demás líneas horarias de 15° en 15° (recordad que el Sol da la vuelta de 360° en 24 h, así que 15° corresponden a 1 hora). Situamos de nuevo el papel doblado con la

carpeta dentro y el lápiz a través de la carpeta.

Para ponerlo en estación usaremos una brújula que nos indicará la dirección de la recta Norte-Sur. El lápiz debe estar situado sobre la recta Norte-Sur (figura 15) con la carpeta hacia el norte. Con un poco de plastilina fijaremos la carpeta perpendicular al lápiz. El ángulo que forme el lápiz con el suelo debe ser la altura de la polar, es decir la latitud del lugar. Para hacerlo, nos ayudaremos de un transportador.

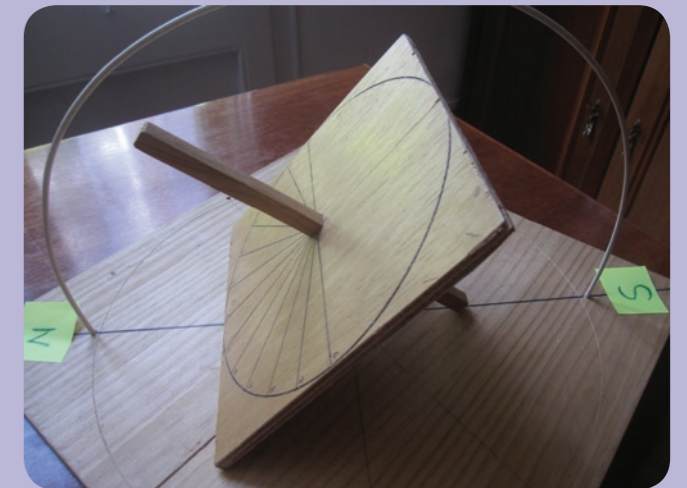


Figura 13: Reloj ecuatorial en estación.

Cómo se lee la hora en un reloj solar

Los relojes de Sol dan el tiempo solar, que no es el mismo que figura en los relojes que todos usamos en nuestra muñeca. Hay que considerar varios ajustes.

1) En verano, los relojes de muñeca llevan dos horas de adelanto a la hora del Sol y en invierno llevan una hora.

2) Para usar el reloj debemos conocer la longitud del lugar, ya que los relojes de Sol dan la hora del lugar y los relojes mecánicos dan la hora que corresponde al paso del Sol por el meridiano de Greenwich, es decir el meridiano que pasa por Castellón. Hay que expresar las longitudes en horas, minutos y segundos (1° = 4 minutos de tiempo).

Por ejemplo si el Sol pasa al mediodía solar por Barcelona, que está a 8 minutos al Este de Castellón, significa que le faltan 8 minutos al reloj de pulsera para que sean las 12. Si en cambio el reloj de Sol está situado en Granada, que está a 16 minutos al Oeste de Castellón, significa que

pasarán 16 minutos de las 12 en el reloj de pulsera cuando el reloj solar marque el mediodía (figura 16).

3) La Tierra gira en torno al Sol según la ley de las áreas, es decir no es un movimiento constante, lo cual significa un serio problema para los relojes mecánicos. Así

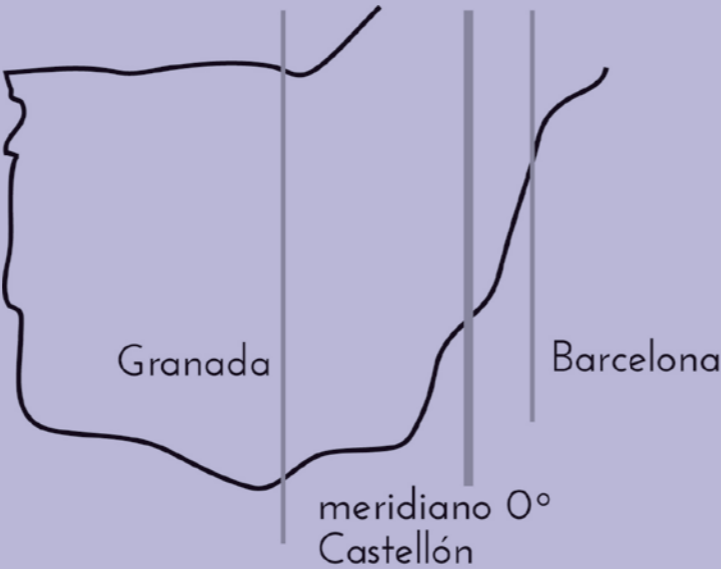


Figura 16: El meridiano origen o de Greenwich pasa por Castellón. Las ciudades a su derecha tienen longitud Este y las de su izquierda longitud Oeste.

pues se define el tiempo medio (de los relojes mecánicos) como el promedio a lo largo de un año completo del tiempo. La Ecuación de Tiempo es la diferencia entre el «Tiempo Solar Real» y el «Tiempo Medio». Esta ecuación aparece en la tabla 1.

Veamos algunos ejemplos:

Leemos la hora de reloj de Sol en Barcelona el 26 de mayo.

El 26 de mayo hay horario de verano, en Barcelona la longitud es de 2° = 8 minutos Este y la ecuación

de tiempo ese día es de -3.2 minutos:

Hora del reloj de SOL 120 m – 8 m -3.2 m = hora del reloj de pulsera.

Leemos la hora del reloj de Sol en Granada el 6 de noviembre.

El 6 de noviembre es invierno, en Granada la longitud es de 4°=16 minutos Oeste y la ecuación de tiempo ese día es de -16.4 minutos

Hora del reloj de SOL + 60 m + 16 m – 16.4 m = hora del reloj de pulsera.

días	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	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

Tabla 1: Ecuación de Tiempo

Modelo XXL

Si el modelo va a usarse con alumnos de primaria es bueno construirlo de tamaño suficientemente grande para que ellos puedan entrar en él. Así quedan muy claros todos los conceptos desde dentro y desde fuera. Veamos pues un modelo realizado con tubo de plástico y unos bloques de cemento para poder fijarlos (basta agujerear los bloques con un

taladrador). Es un modelo de casi metro y medio de radio que puede montarse y desmontarse para poder conservarlo en el interior del centro docente, pero que se puede montar en el patio de la escuela. Todo ello lo vamos a situar encima de un plástico donde dibujaremos la posición de los bloques de cemento para que sea fácil repetir el montaje en otras ocasiones.

Ante todo se fija la dirección Norte-Sur con una brújula. Situamos el eje de rotación terrestre (con la latitud del lugar como se ha dicho en el modelo pequeño, figura 17). Pasando por la línea Norte-Sur y fijándolo al eje de rotación, cabe sujetar el meridiano del lugar (figura 18).

Perpendicular a la línea Norte-Sur por el centro dibujamos la Este-Oeste. Usando la colatitud fijamos el ecuador (figura 19). A partir de él se sitúan los paralelos de Cáncer y Capricornio 23 grados por encima y debajo usando una cuerda y una falsa escuadra (figura 20).



Figura 17: Colocando el eje de rotación usando una falsa escuadra para introducir la latitud del lugar.



Figura 18: El modelo con el meridiano del lugar y el eje de rotación fijados en los bloques de cemento donde hay los agujeros apropiados.

Una vez acabado el modelo, si un alumno se tiende en el suelo, en la dirección Norte-Sur, con la cabeza en el centro y mirando hacia el Sur, podrá ver el Sol entre las trayectorias del ecuador (que es el recorrido del Sol durante los equinoccios) y los paralelos (que corresponden al movimiento del Sol el primer día de verano y el primer día de invierno) (figura 19). Hay que ir con cuidado

y no mirar directamente al Sol, ya que es peligroso si no se hace con gafas especiales como son las que se usan para observar los eclipses.

Finalmente hay que introducir las fotografías del horizonte alrededor de la cúpula creada. Para que se correspondan correctamente con el horizonte real

debe situarse un alumno en el centro y comprobar que todo está bien situado (figura 23).

Figura 20: Introduciendo el ángulo de 23,5 grados entre los paralelos de Cáncer, Capricornio y el ecuador.



Figura 19: El modelo con el eje de rotación, el meridiano del lugar y el ecuador celeste.





Figura 21: Un alumno tendido sobre la recta Norte-Sur y mirando hacia el sur podrá ver la trayectoria del Sol comprendida entre los paralelos de Cáncer y Capricornio.



Figura 22: Modelo con los paralelos de Cáncer, Capricornio y el ecuador, además del meridiano local y el eje de rotación. Sobre los bloques de cemento se ha situado un último tubo en forma de círculo que representa el horizonte y da solidez al modelo.

Podemos entonces imaginar el meridiano del lugar o el ecuador real proyectado en el cielo usando el modelo y comparando la posición de los tubos respecto al horizonte impreso con el horizonte real (figura 24). Por ejemplo es bueno mencionar a

Figura 23: Un alumno en el centro comprueba que las fotos se corresponden con el horizonte real.



los estudiantes que la zona del cielo que corresponde a la situada entre los paralelos de Cáncer y Capricornio es la zona del zodiaco y es por donde se mueve el Sol, la Luna y los planetas.

Figura 24: Se comprueba fácilmente la correspondencia entre el horizonte fotografiado y el real.



Movimientos del Sol vistos desde el modelo

La zona que corresponde al movimiento del Sol a lo largo del año se corresponde con la franja entre los paralelos de la maqueta. Podemos imaginarla sobre el cielo y el horizonte real de la ciudad. Por ejemplo, el Sol sale el primer día de primavera por el Este y se pone por el Oeste recorriendo el ecuador. El segundo día de primavera sale cerca del Este, pero un poco hacia el Norte, recorre un paralelo un poco más alto que el ecuador y se pone cerca del Oeste, pero más hacia el Norte. El tercer día llega ya aún más alto, etc., hasta el primer día de verano que es cuando llega a alcanzar la máxima altura sobre el ecuador (23,5 grados) y cuando sale lo más hacia el Norte para ese lugar, y se pone también más hacia el Norte. El segundo día de verano el Sol recorre un paralelo algo más bajo, y así sucesivamente va bajando y saliendo y poniéndose por puntos que se van acercando al Este y Oeste respectivamente hasta llegar al primer día de otoño cuando el Sol repite de nuevo el ecuador y sale por el Este y se pone por el Oeste. El segundo día de otoño el Sol recorre un paralelo por debajo del ecuador y sale cerca del Este, pero algo hacia el Sur,

y se pone cerca del Oeste también un poco hacia el Sur. Así sucesivamente va saliendo y poniéndose más hacia el Sur y recorriendo paralelos cada vez más bajos respecto al ecuador, hasta llegar el primer día de invierno, que sigue el paralelo que está a -23,5 grados del ecuador. El segundo día de invierno el Sol empieza a subir de nuevo y así lentamente llega al primer día de primavera que vuelve a recorrer el ecuador. Así pues el Sol sale por el Este y se pone por el Oeste solo dos días al año, los días de los equinoccios, cuando el Sol recorre el ecuador y la duración del día y la noche son iguales, tal como se ve en el modelo (figuras 13 y 21).

Es evidente que los meses de primavera y verano el Sol está por encima del ecuador y su recorrido diurno es más largo que en los meses de invierno y otoño cuando va por debajo del ecuador. Tenemos pues más horas de insolación el primer día de verano, mientras que el primer día de invierno es cuando hay menos horas de luz y las noches son más largas (figuras 13 y 21). Esto da lugar a que sea más frío el primer día de invierno

que el de verano. Además se suma otro factor: el ángulo de incidencia de la luz solar.

Para ello, volvamos a usar el modelo y una linterna. Al mover la linterna sobre el paralelo del primer día de verano el chorro de luz ilumina sobre el plano del horizonte una área redonda, pero cuando la linterna se mueve sobre el paralelo del primer día de invierno, la zona iluminada por el chorro de luz es una elipse con un área encerrada mucho más amplia que en verano. Es decir que la radiación está más concentrada en la primera situación, o sea que la energía que nos llega por cm^2 de piel en verano es mucho mayor que en invierno, dado que la misma energía se debe repartir en un área mucho mayor. Y como que también es evidente en el modelo que el número de horas de insolación solar es mayor, la consecuencia natural es que en verano hace más calor que en invierno.

Orientación

Con la ayuda de la maqueta se puede entender mejor el horizonte real, y las actividades de orientación realizadas desde la escuela se resuelven de forma muy sencilla. Por ejemplo las estrellas próximas a la polar, las llamadas circumpolares, estrellas que siempre están sobre el horizonte, es evidente que están en la zona del punto cardinal Norte y próximas a la polar. Por ejemplo la Osa Mayor o Casiopea no pueden estar hacia la zona del Sur. Está claro con el modelo.

Un dibujo para discutir

Con la práctica seremos capaces de situar en nuestra ciudad sin dificultad la zona por donde se puede ver el Sol o las constelaciones circumpolares. Dibujos como los de las figuras 25 y 26, ayudan a discutir en clase las diferentes posibilidades. Usaremos el horizonte local de la ciudad donde los alumnos consigan reconocer los relieves más característicos para que así se puedan situar perfectamente.

Resulta evidente que la trayectoria del Sol está sobre el horizonte Sur y que los planetas del sistema solar, que se mueven aproximadamente en la misma zona que lo hace el Sol a lo largo de las estaciones (en la llamada zona del zodiaco) también se mueven por la zona del horizonte Sur. Está claro que si salimos a observar por la noche y vemos una estrella próxima a la Osa Mayor no podemos dudar si es el planeta Venus, ya que los planetas estarán por la zona donde se mueve el Sol, por encima y por debajo del ecuador (a lo sumo 23,5 grados).

Este modelo es útil para explicar los movimientos del Sol y de las estrellas durante el día y durante la noche. Después de usar el modelo propuesto, ya no se confunde un astro brillante en el horizonte norte con un planeta.

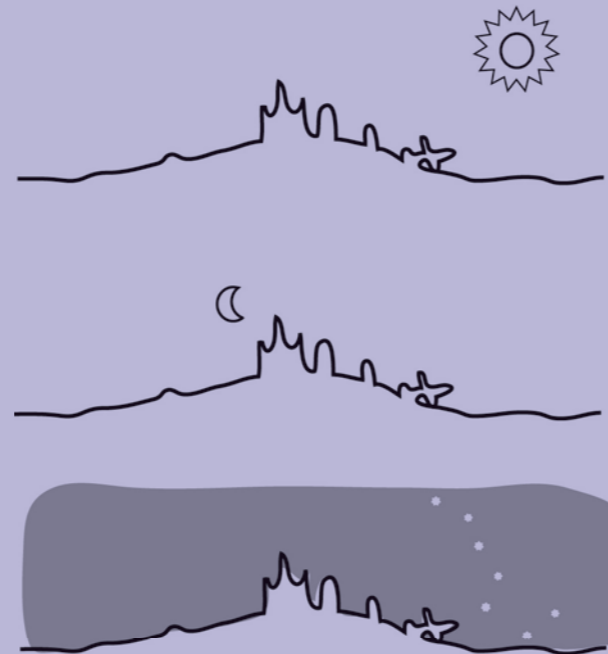


Figura 25: Horizonte Noroeste de Barcelona, zona del Tibidabo.

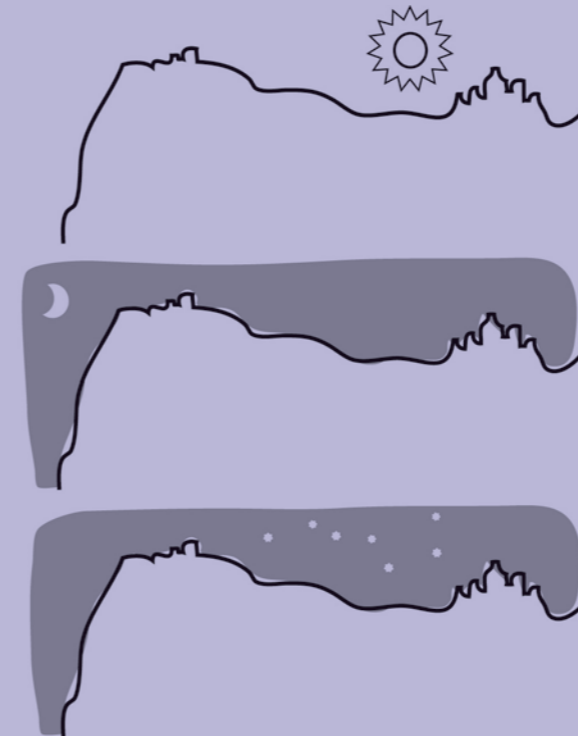


Figura 26: Horizonte Sudoeste de Barcelona, zona de Montjuic.

Un error que arrastramos desde hace años

Es común que si preguntas a alguien por donde sale el Sol te diga por el Este. Como hemos visto esto es solo cierto 2 días de los 365 o 366 que tiene el año. Por lo tanto hay que insistir en que observen que cada día el Sol sale y se pone en un lugar diferente. Lo que sí es cierto es que al medio día solar pasa por el meridiano del Sol, el punto más alto del día.

Es pues falso que poniendo la mano derecha por donde sale el Sol tenemos en frente el Norte, a la espalda el Sur y en la izquierda el Oeste (figura 27). Esta regla de orientación aparece en muchos manuales y es errónea salvo dos días: los equinoccios. El resto de días el error puede ser considerable. Para nuestra latitud la diferencia entre la posición del Sol, en el horizonte, el primer día de verano y el primer día de invierno es de unos 60 grados.

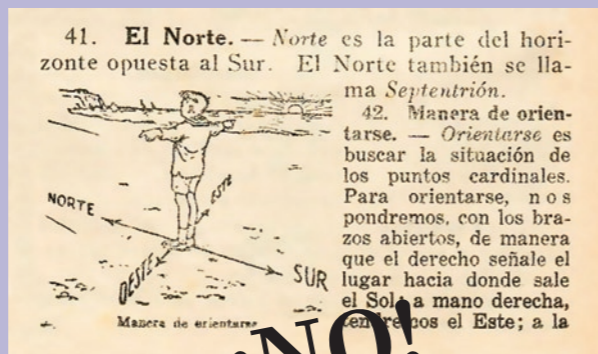


Figura 27: El Sol sale por el Este sólo el primer día de primavera o de otoño. La orientación que se representa en la figura sólo es correcta dos días al año.

Bibliografía

Ros, R.M., De l'intérieur et de l'extérieur, Les Cahiers Clairaut, 95, p.1-5, Orsay, 2001.
Ros, R.M., Sunrise and sunset positions change every day, Proceedings of 6th EAAE International Summer School, 177, 188, Barcelona, 2002
Ros, R.M., Capell, A., Colom, J., "El planisferio y 40 actividades más", Antares, Barcelona, 2005

Enlaces web:

<http://es.unawe.org>
<http://unawe.org>
<http://sac.csic.es/unawe>

UNAWE quiere conseguir que los niños y las niñas de todos los países tengan una relación personal con la astronomía que les haga disfrutar con ella. EU-UNAWE es la rama europea del proyecto global que se desarrolla en España, Alemania, Italia, Holanda, Reino Unido y Suráfrica. A través de experiencias y emociones relacionadas con la observación de los astros se fomenta la conciencia de que ellos son también parte del universo y que tienen un mundo por explorar.

