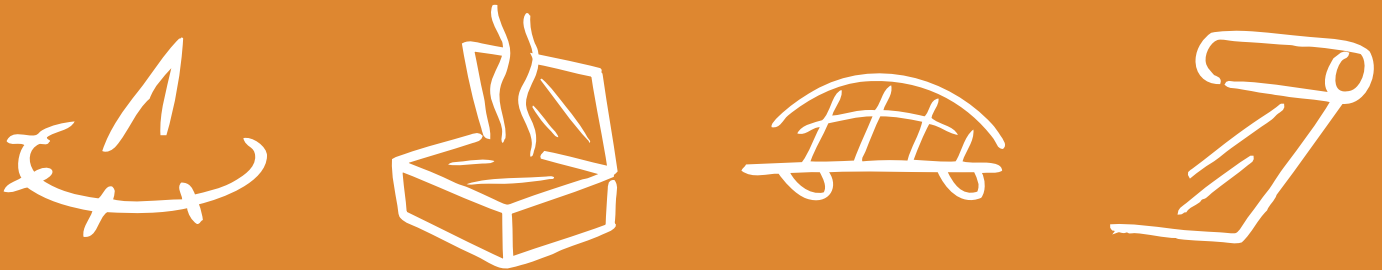




Guía didáctica de Energía Solar

RELOJES DE SOL



INTERREG IIB
AÇORES • MADEIRA • CANARIAS



Gobierno de Canarias
Consejería de Educación,
Universidades, Cultura
y Deportes



Gobierno de Canarias

ÍNDICE

Contadores de tiempo	3
El espacio en la esfera de un reloj	4
Círculos y ángulo en el horizonte	5
Altura y altitud	6
Latitud y paralelos	7
Calcular el norte	8
La Rosa de los Vientos	10
Usar la brújula	11
Medir el tiempo con la sombra... del Sol	12
Tipos y modelos	15
Construcción de un reloj de sol horizontal	16

I Contadores de tiempo

¿Cómo sabían los pueblos antiguos su posición en la Tierra y entre las estrellas?

- I **A lo largo de la Historia**, los pueblos antiguos han vivido familiarizados, fascinados y preocupados con el cielo –de día y de noche.
- I **Los sacerdotes y otros jefes religiosos** consiguieron un gran poder cuando fueron capaces de pronosticar exactamente un eclipse o el inicio de la estación de las lluvias.
- I **En esos tiempos**, la obtención de alimentos dependía del rigor con el que se observaba y se obtenían datos del cielo.



En el pasado, los pueblos conocían las estrellas de la misma forma que tú conoces las calles de tu barrio.

- I Es difícil comprender el aprecio que los pueblos antiguos tenían por el cielo. Esto sucede porque hoy no lo conocemos bien...
- I **Stonehenge** (Inglaterra), **Cromeleque dos Almendres** (Portugal) y otros monumentos relacionados con el cielo siguen siendo grandes misterios o grandes equivocaciones.



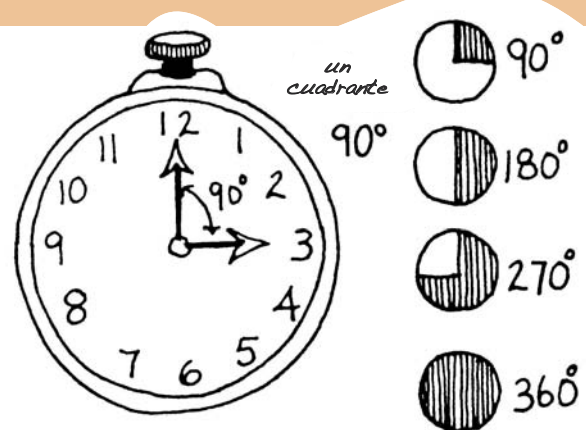
Hay quien asegura que los pueblos antiguos eran ayudados por sabios dioses extraterrestres, seres que descendían del cielo en naves espaciales...

I El espacio en la esfera de un reloj

- I La **geometría** es una parte de las matemáticas que es fácil comprobar en la vida diaria.
- I Los **grandes edificios**, las casas, las estatuas o cualquier otra cosa que se construya no podrían hacerse sin la geometría
- I Se habla de movimientos en el espacio, de acuerdo con la geometría de círculos y ángulos.

Si no estudiaste geometría en la escuela, no te asustes: es fácil de entender si te colocas enfrente de un reloj con agujas.

- I Nuestro sistema **divide los círculos en 360°** desde los tiempos de Caldeus.
- I Un círculo de 360 partes iguales puede ser dividido en cuadrantes, o cuartos de círculo, teniendo 90° o tres horas, cada uno.



Del mediodía a las 3 de la tarde serán 90°
Del mediodía a la media noche serán 360°

- I Como puedes observar, la esfera del reloj está dividida en 12 horas de 60 minutos cada una. **Así, ¿a cuántos grados corresponde una hora?**
- I Por otro lado, existe una cierta magia alrededor del número 360. Esto es porque no hay muchos números que, como 360, tengan tantos divisores. Intenta dividir 360 por cualquiera de los siguientes números y verás que no sobra nada (esto es, no hay resto): 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 24, 36, 40, 45, 60, 72, 90, 120, 180 y 360.
- I Así, el año puede dividirse en cuatro cuadrantes, que corresponden a las estaciones.

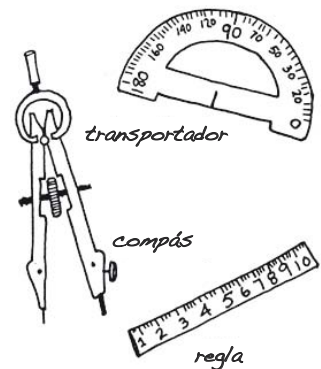
Muchos de los instrumentos antiguos de astronomía y navegación tenían en común el uso de un círculo y su división en 360 partes iguales.

I Círculos y ángulos en el horizonte

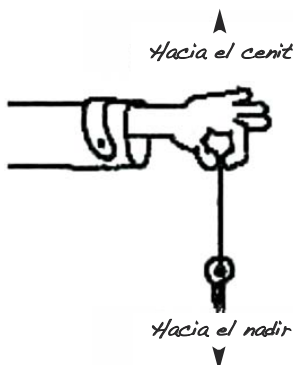
I Seguramente ya habrás trabajado con estos instrumentos geométricos, que te ayudan a entender mejor los círculos y los ángulos – la **regla**, el **transportador** y el **compás**.

I El **transportador** de ángulo tiene los ángulos marcados en medio círculo, lo que permite fácilmente representar ángulos de altura, latitud, etc.

I Con un **compás** obtendrás mejor resultado al trazar un círculo que utilizando un lápiz y un hilo.



I **Nadir y cenit** son dos términos utilizados en los libros de astronomía – todas las personas tenemos un nadir y un cenit



Si tuvieras un cable o un hilo en el bolso, sería fácil encontrar tu cenit y tu nadir. Ata a una de las puntas una llave, un tornillo o cualquier cosa que pese. Déjalo colgar y cuando el objeto escogido deje de moverse, encontrarás la dirección cenit-nadir.

I El **horizonte** es la parte más baja del cielo que podemos ver. Todas las personas tenemos un horizonte, sea cual sea el momento o lugar en que nos encontremos. ¿Eres capaz de encontrar el tuyo?

I Cuando estamos en el mar o en la **costa**, el horizonte es prácticamente rectilíneo, mientras que entre montañas aparece bastante recortado.

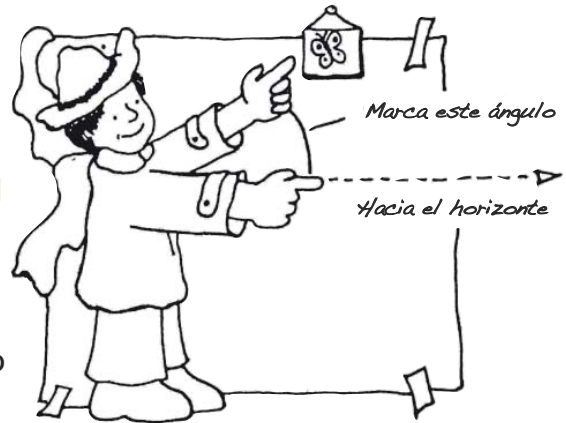
I Es fácil ver qué es el **horizonte**. Pon un CD sobre un balón de fútbol e imagina que estás de pie en el lugar donde el agujero toca el balón.

I En esa posición, puedes ver todo lo que el cielo muestra encima del CD y no verás lo que está debajo. El borde del CD, a lo largo de todo el contorno, marca el horizonte.



I Altura y altitud

- I Para el piloto de un avión, la **altitud** significa la altura a la que se encuentra por encima del suelo. En la tierra se habla de altitud de un lugar tomando como referencia el **nivel medio del agua del mar**.
- I Un astrónomo o un navegante utiliza el término **altura** para referir la posición del Sol o de una estrella (u otro objeto del cielo) encima del horizonte visible.

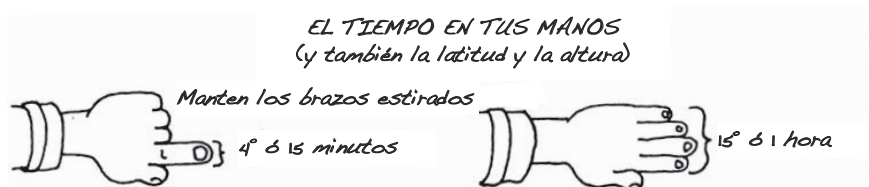


- I Puedes estimar la altura del Sol con tus brazos, de la misma forma que calculas tu campo de visión. Apunta con uno de tus brazos en la dirección del horizonte y con el otro apunta en la dirección del Sol (o de una estrella) y mantén los brazos en esa posición mientras un amigo marca el **ángulo** entre ellos en una hoja de papel (abierta) colocada en la pared.



- I Si utilizaras un **transportador** de ángulos, medirías fácilmente ese ángulo y calcularías la altura del objeto por encima del horizonte.

- I Los antiguos marineros y viajeros hacían una buena estimación de la **altura del Sol**. Bastaba estirar los brazos frente a los ojos y comenzar a contar los dedos – una mano sobre otra, desde el horizonte hasta el Sol o hasta una estrella.

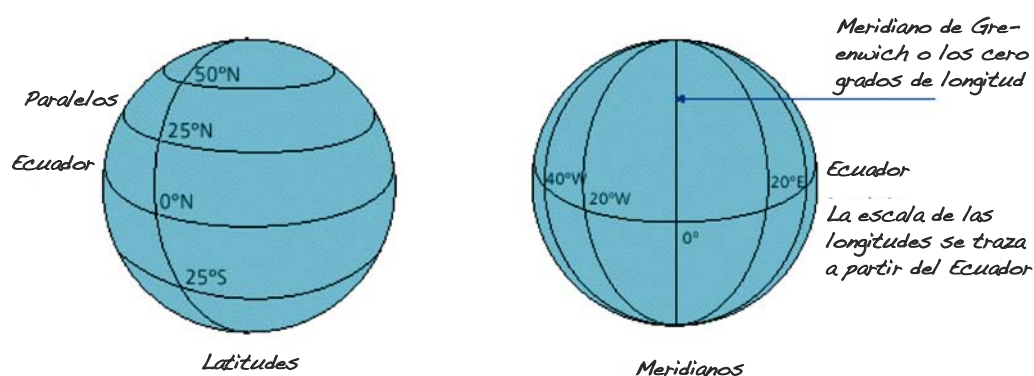


- I Todavía muchas personas usan el mismo método para determinar la latitud y para saber las horas.

Como curiosidad, sabes que la altura de la estrella polar (y sólo ésta) indica el valor de la latitud del lugar en el que haces la medición?

I Latitud y paralelos

- I Todos los **globos terráqueos son esféricos** y tienen sólo dos puntos “fijos” en relación a los cuales se marcan las direcciones: el **Polo Norte** y el **Polo Sur**. En este hecho se basó el pueblo griego para definir su sistema: se marcan sobre el globo dos especies de líneas que dan las coordenadas **latitud** y **longitud**



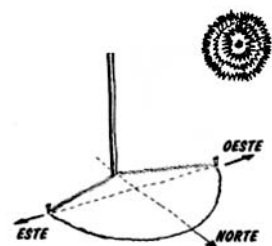
- I La **latitud** mide la distancia al ecuador, que es la más larga de todas las líneas de latitud. Da la vuelta a la Tierra, a la mitad de la distancia entre los Polos.
- I La **longitud** de un lugar se basa en que la Tierra da una vuelta completa alrededor de su eje norte-sur en aproximadamente 24 horas.
 - I Se puede calcular la **longitud** sabiendo la diferencia horaria entre el mediodía solar local y un punto de referencia (altura máxima del Sol).
 - I Como la Tierra da un giro completo sobre sí misma (360 grados) en 24 horas, por cada hora de diferencia entre el mediodía del punto en que estamos y el punto de referencia, habremos recorrido 15 grados para el este o para el oeste.

I Calcular el norte (1)

- I ¿Tienes buen sentido de la orientación o lo pierdes fácilmente?
- I La mayor parte del tiempo, las personas no piensan en lo que es la orientación. **Norte es Norte y Sur es siempre Sur.**
- I Para construir un reloj de Sol y después orientarlo es fundamental conocer el **Norte Geográfico** (llamado también verdadero) que indica la dirección del Polo Norte.
- I Existe otro, el **Norte** magnético, que es el que señala la brújula. Complicado? Tal vez no

Sabes exactamente dónde está el Norte? Eres capaz de apuntar para el Norte verdadero? ¡Entonces búscalo!

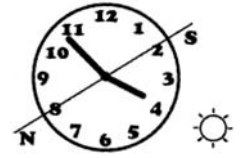
- I Método de la sombra de una vara.
 - I Éste es un método aproximado que debe aplicarse de mañana o de tarde. Como vara sirve cualquier cosa (rama, tronco, poste telefónico, farola,...), sólo interesa la sombra de la punta del objeto que vamos a usar.
 - I Se marca en el suelo, con una piedra o una cruz, el lugar en el que está la sombra de la punta de la vara.
 - I Se deja pasar una hora o dos: la sombra se mueve.
 - I Volvemos a marcar del mismo modo la sombra de la punta de la vara. Uniendo las dos marcas con una línea, obtenemos la dirección este-oeste.
 - I Ahora basta trazar en el suelo (o imaginar) la bisectriz del ángulo formado (una línea que lo corta en dos mitades) y apuntar para el Norte geográfico.
 - I ¡Atención! El tiempo de espera para que la sombra se mueva debe ser lo más grande posible.
 - I El movimiento de la sombra (bastan algunos centímetros) depende también de la longitud del objeto que sirve de vara. Una vara de 1 m. de longitud tarda cerca de 15 min. en proporcionar un movimiento de la sombra suficiente para aplicar este método.



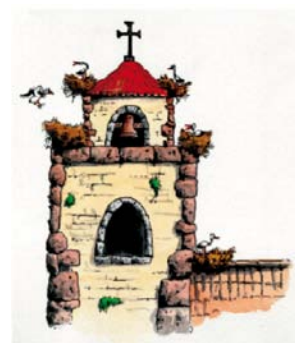
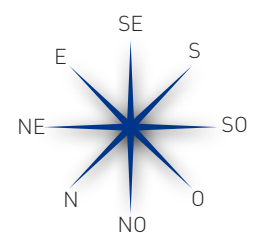
Calcular el norte (2)

Método del reloj

- Manteniendo el reloj en horizontal, con la esfera hacia arriba, la aguja de las horas deberá apuntar hacia el Sol.
- La bisectriz del ángulo menor formado entre la aguja de las horas y la línea de las 12 horas define la dirección norte-sur.
- En el caso del horario de verano, en el que se adelanta la hora respecto al horario solar, se debe tener en cuenta el debido descuento.
- Hay dos procesos: el primero consiste en desviar un poco (algunos grados) la línea Norte-Sur hacia la derecha; el segundo proceso, se basa en retrasar la hora del reloj de manera que se aproxime más a la hora solar.
- Podemos también orientarnos por los indicios que encontramos en el campo y en los pueblos.

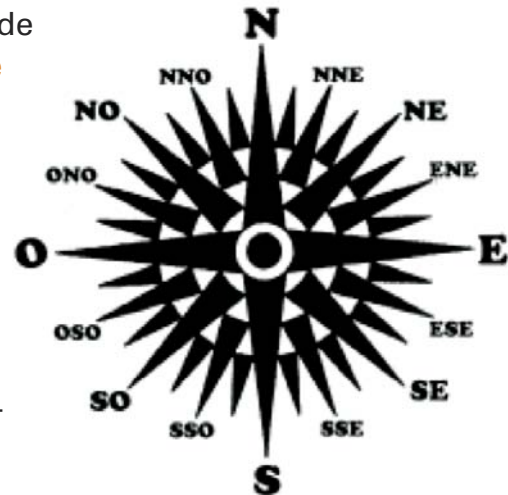


- Musgos y líquenes: crecen más por la parte Norte de piedras y árboles, a las que llega la humedad del alisio.
- Caracoles: frecuentes en los muros y paredes vueltos hacia el Este o hacia el Sur.
- Hormigas: la entrada del hormiguero suele estar abrigada de los vientos fríos del Norte.
- Iglesias: muchas fueran construidas con el Altar Mayor orientados para el Este (Naciente) y la puerta principal para el Oeste (Poniente).
- Corteza de los árboles: más rugosa y con más grietas en el lado en que inciden las lluvias, o sea, en el lado Norte.
- Girasoles: giran la flor hacia el Sur buscando el Sol...

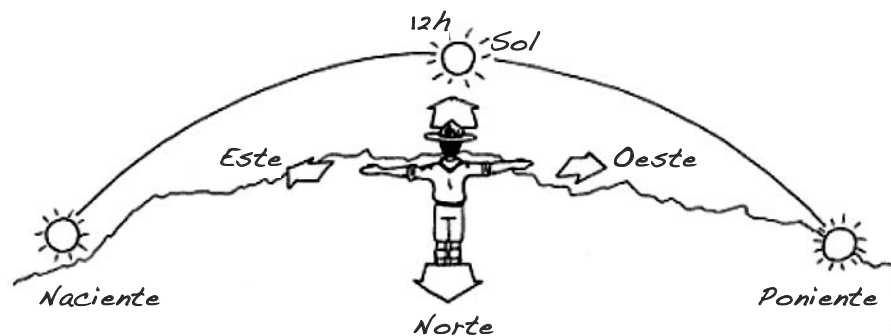


I La Rosa de los Vientos

- I El primer paso para el dominio de las técnicas de orientación está en el conocimiento de la **Rosa de los Vientos**.
- I La Rosa de los Vientos está constituida por 4 puntos cardinales, 4 **puntos laterales** y 4 **puntos colaterales**.
- I El Sol **nace** aproximadamente por el Este y se pone por el Oeste, encontrándose en el Sur al mediodía solar.



- I La **hora legal** (la de los relojes) está adelantada en relación con la hora solar: en invierno está adelantada cerca de 36 minutos, mientras que en verano la diferencia pasa a ser de 1h 36m.



Norte	Septentrión, boreal, ártico	0°	Punto fundamental al que se refieren normalmente las direcciones
Sur	Mediodía, meridional, austral, antártico	180°	Al mediodía, el Sol se encuentra al Sur del observador
Este	Levante, oriente, naciente	90°	Dirección por la que nace el Sol
Oeste	Poniente, occidente, ocaso	270°	Dirección por la que se pone el Sol

I Usar la brújula

- I **Los Polos Magnéticos:** ¿Cuál es el fenómeno que hace que la aguja de la brújula apunte constantemente en la dirección norte-sur?
 - I La respuesta está en la poderosa pero invisible fuerza llamada magnetismo. La Tierra es un imán gigante. A pesar de que el magnetismo fue descubierto hace mucho tiempo, su utilización como ayuda a la orientación es bastante más reciente.



Se descubrió que el mineral de hierro magnetizado, cuando se colocaba sobre un trozo de madera que flota en un recipiente con agua, se movía y adquiría siempre una posición fija. Se acababa de inventar la brújula!

- I **¿Cómo funciona una brújula?**
 - I Una aguja magnética montada sobre un soporte adecuado en horizontal de modo que pueda girar es un instrumento, inventado por los antiguos chinos, llamado brújula. La brújula sirve para orientarse, para encontrar la dirección norte.



Acerca la brújula de un imán, por ejemplo, a la goma de la puerta de un frigorífico (tiene un imán dentro) ¿Qué sucede? Prueba a cambiar la posición del imán (abre la puerta del frigorífico). ¿Qué le sucede a la brújula?

- I ¿Por qué la **aguja magnética** de tu brújula apunta siempre para el norte?
 - I Porque la Tierra tiene en el interior un metal, el **hierro**, que se comporta como si fuera un imán gigante orientado en la dirección norte-sur.

- I **Declinación magnética** – El norte magnético, hacia donde apunta la brújula, no se sitúa exactamente en el Polo Norte definido por los meridianos.

- I La declinación existe porque el Polo Norte y el Polo Magnético no coinciden. Esta declinación varía según la posición en el planeta.

Declinación magnética

<i>Dirección Norte-Sur magnética</i>	<i>Dirección Norte-Sur geográfica</i>
--------------------------------------	---------------------------------------

- I En ciertas zonas de Canadá pasa de los 40° mientras que en Escandinavia, por ejemplo, es despreciable.
 - I En **Canarias**, la declinación es aproximadamente 6° en estos momentos.



I Medir el tiempo con la sombra... del Sol (1)

I La **sombra del Sol** despertó la curiosidad de los pueblos antiguos, que veían que su **posición** y comportamiento variaban durante el día.



I El **reloj del Sol** apareció como una aplicación del conocimiento del **movimiento** aparente del Sol y del uso de las sombras.

I Determina las divisiones del día (horas) a través del movimiento de la **sombra** de un eje (o gnomon) sobre el que inciden los rayos solares y que se proyecta sobre una base graduada (o **esfera**).

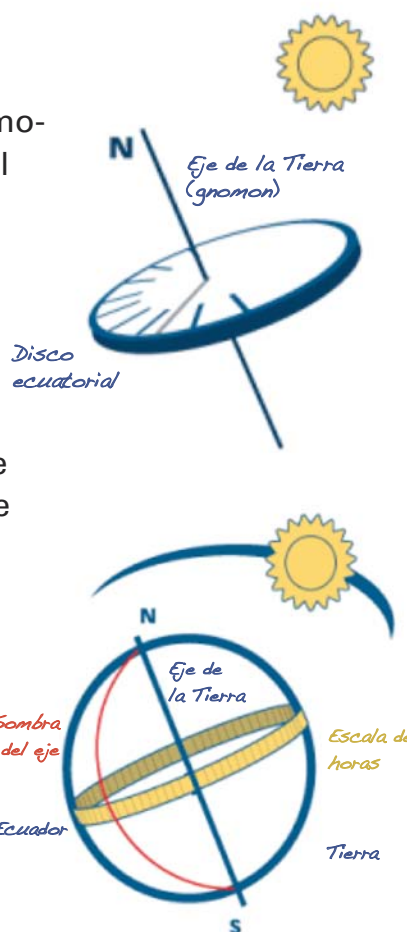
I ¿Cómo funciona un reloj de Sol?

I Imaginemos que la Tierra es una superficie esférica, cuyo eje de rotación pasa por su centro, y que se encuentra quieta cuando el Sol se mueve de Este a Oeste.

I Percibimos que a medida que el Sol efectúa su movimiento aparente (parece que la Tierra es la que está parada), la sombra del eje de la Tierra cae sobre el plano ecuatorial y remueve 15° por hora ($15^\circ = 360/24$).

I A partir de la posición de la sombra cuando el Sol pasa por el meridiano del lugar (mediodía), podemos marcar ángulos múltiples de 15° y, así, obtener la marca de las horas del día.

I Considerando un disco paralelo al plano del ecuador, las marcas de las horas estarán determinadas de igual forma.



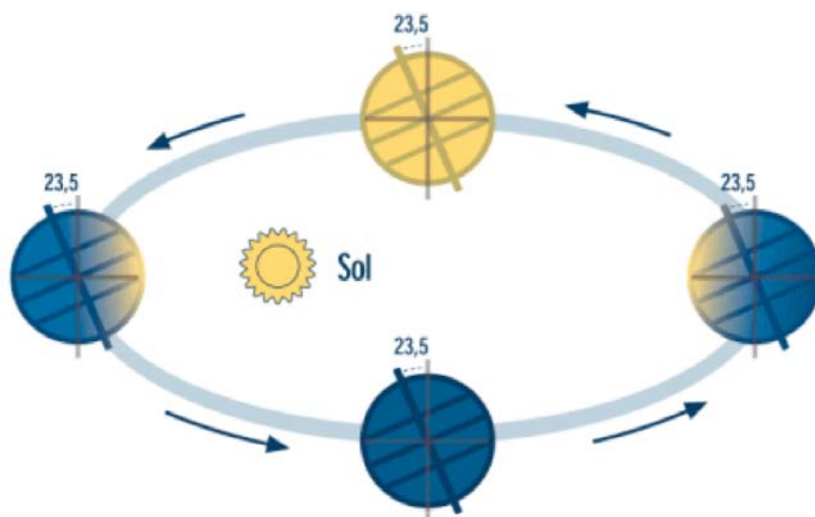
I Los relojes de sol no son más que **miniaturas de la Tierra** y de su eje.

I Su gnomon estará dirigido hacia el **Polo Norte Celeste** (aproximadamente hacia la Estrella Solar), formando un ángulo con el plano horizontal **igual a la latitud del lugar** en que se encuentra el observador.

I Medir el tiempo con la sombra... del Sol (2)

I ¿Cómo se leen las horas en un reloj de Sol?

- I La hora del reloj **mecánico** y la hora **solar** raramente son iguales.
- I Por un lado tenemos el **día solar verdadero** o tiempo que transcurre entre dos pasadas sucesivas del Sol por el meridiano de un lugar fijo de la Tierra, en su respectivo movimiento aparente en la esfera celeste (el tiempo entre dos mediodías solares)



- I Mientras la **Tierra gira** alrededor de su eje, recorre también una parte de su órbita de traslación alrededor del Sol, cerca de $360/365$ de grado.
- I Así, el período entre **dos mediodías solares** sucesivos (día Solar) es ligeramente superior al período de movimiento de rotación, que puede medirse, con alguna precisión, mediante la observación de estrellas visibles (día sideral). Tenemos, por lo tanto, una diferencia entre el **día sideral** y el **día solar**, siendo el día solar de mayor duración que el sideral.
- I Si los dos movimientos de la Tierra fuesen regulares, y si el eje de la Tierra fuese perpendicular al plano de la **eclíptica**, los días solares tendrían siempre **la misma duración**.

Plano de la eclíptica – círculo máximo descrito (aparentemente) por el Sol en la esfera celeste y cuyo plano se encuentra inclinado cerca de $23^{\circ} 27'$ en relación al plano del ecuador celeste)

I Medir el tiempo con la sombra... del Sol (3)

- I La órbita de la Tierra alrededor del Sol no es una circunferencia sino una **elipse** que no es perpendicular al eje de la Tierra (oblicuidad de la eclíptica).

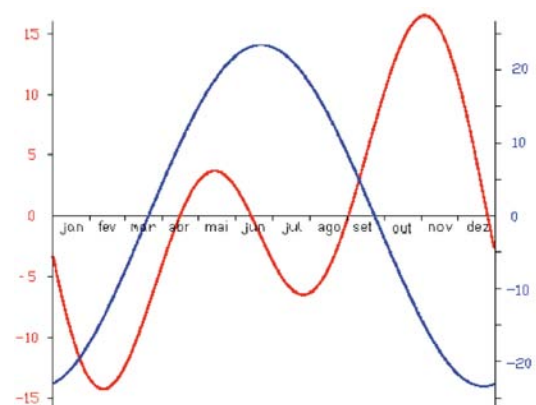
El movimiento de la Tierra no es uniforme y se rige por la ley de las áreas de Kepler, según la cual los radio-vectores de los planetas, barren áreas iguales en tiempos iguales y no distancias iguales en su órbita. Este hecho, conocido como oblicuidad de la eclíptica, hace que los días presenten diferencias en su duración.

- I **Tres diferencias** existentes entre las horas indicadas por un reloj de sol y un reloj mecánico



- I Hora de invierno y de verano
 - I Para aprovechar mejor la luz del día en cada estación retrasamos la hora del reloj mecánico. Así, si tuviéramos la hora de verano, necesitaríamos añadir una hora a las horas indicadas por el reloj de sol.
- I Longitud del lugar
 - I La hora dada por el reloj de sol necesita corregirse de acuerdo al meridiano de referencia del huso horario en que nos encontremos (en Canarias, meridiano de Greenwich).
 - I Por cada grado del longitud oeste añadiremos 4 minutos (1 hora=15°, 4 min=1°).
 - I Por cada grado de longitud Este restaremos 4 minutos.
 - I Ecuación del tiempo = hora solar verdadero – hora solar media.

- I El día **solar verdadero** difiere del día solar medio (pequeñas oscilaciones anuales) pueden llegar a los 31 min.
- I Existen acuerdos internacionales sobre el uso de relojes que estiman que la media de estas variaciones se usa para obtener la **hora media de Greenwich**.
- I La **ecuación del tiempo** se aplica para corregir la hora dada por el reloj de Sol en el meridiano de referencia de cada huso horario (tiempo solar aparente) y obtener la hora media de ese mismo meridiano (hora standard)



I Tipos y modelos

I Reloj de sol vertical

- I El plano de proyección es vertical.
- I El gnomon tiene un ángulo con el plano de proyección igual a la colatitud del lugar.



I Reloj de sol horizontal

- I El plano de proyección es horizontal.
- I El gnomon forma un ángulo con el plano de proyección igual a la latitud del lugar.



I Reloj de sol ecuatorial

- I El plano de proyección es paralelo al plano del ecuador.
- I El gnomon es perpendicular al plano de proyección.



I Reloj de sol polar

- I El plano de proyección es paralelo al eje de rotación de la Tierra.
- I El gnomon es paralelo al plano de proyección.

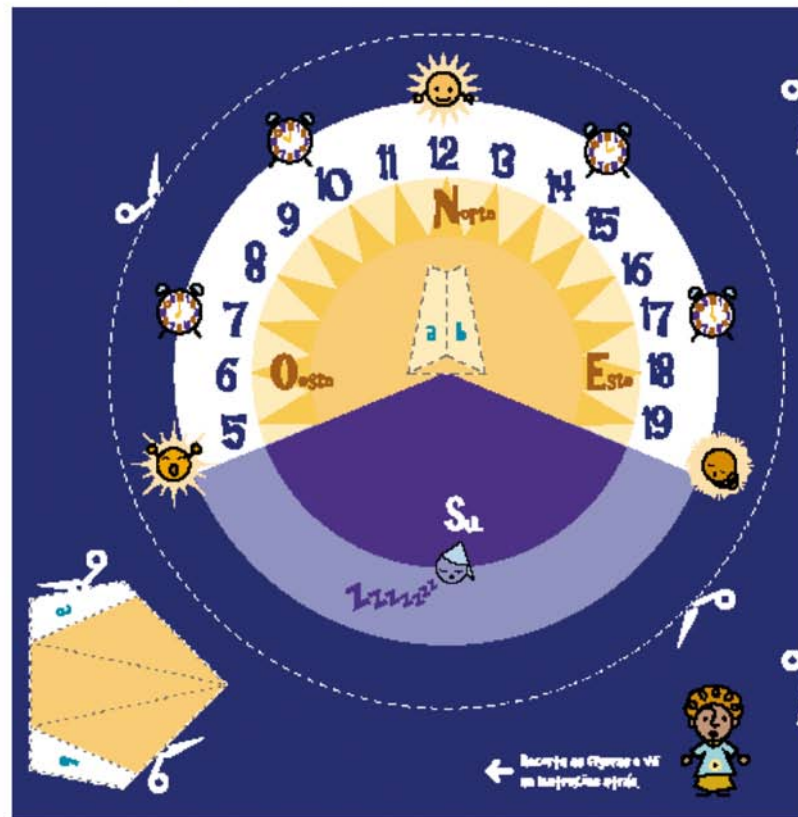


I Reloj de sol analemático

- I El plano de proyección es horizontal y el gnomon es vertical, con lo que la posición relativa varía con la fecha.



Construcción de un reloj de sol horizontal



I Procedimiento

- I Traza un margen de 2 cm. en cada uno de los lados del cartón y define el lado superior del plano como segmento AB
- I Marca el punto medio C del segmento AB, trazando una recta perpendicular desde dicho punto. Al punto de intersección del último segmento con el margen dibujado le llamaremos D.
- I A partir del segmento AC (con un transportador de ángulos), marca el ángulo complementario de la latitud, α , del lugar en que vayamos a instalar el reloj y traza una recta con origen en el punto C. Marca un punto E que diste 4 cm. de C.
- I A partir del punto E traza una perpendicular a CE, que llegue hasta CD. Denomina F al punto de intersección de este nuevo segmento con el segmento CD.
- I Traza una recta paralela al segmento AB y que pase por F.
- I Construye una circunferencia con centro en F y radio igual a la medida del segmento EF. Denomina con la letra G al punto de intersección de la circunferencia con el segmento CD
- I Construye una semicircunferencia de centro en G y marca sobre ésta los ángulos de 15° en 15° a partir del segmento CD. Traza todas las rectas que unen el punto G a la recta y que pasen por las marcas señaladas.
- I Con los puntos obtenidos en la recta s traza todos los segmentos que van al encuentro del punto C y que intersectan en su extremo al margen del mostrador. Estos segmentos van a representar las líneas horarias del reloj de sol.
- I Con un pedazo de cartulina construye un gnomon de acuerdo al esquema adjunto
- I Dobra la pieza por el segmento FN y pega los dos triángulos uno al otro.
- I Haz un corte en el cartón a lo largo del segmento CF.
- I Introduce el gnomon en el corte hecha en el mostrador, de modo que las letras C y F coincidan, pegando las solapas a la parte interior del mostrador. El gnomon deberá quedar perpendicular al mostrador
- I Colocar el reloj de Sol en un lugar despejado con el vértice C apuntando hacia el Sur.

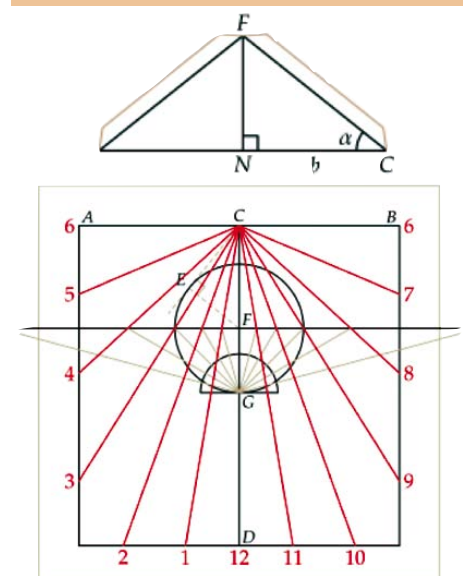
- I En el reloj de Sol horizontal, el mostrador está en la horizontal, con lo que el gnomon tiene un ángulo con el mostrador igual a la latitud del lugar y colocación del reloj.



CN: gnomon
CF: base de gnomon
B: medida del gnomon
 α : latitud del lugar

Materiales necesarios

- I 1 cuadrado de cartón de 20 cm. de lado
- I 1 cuadrado de cartulina con 10 cm. de lado
- I Regla
- I Transportador de ángulos
- I Rotulador
- I Pegamento
- I Cúter o Tijeras



Instituto Tecnológico de Canarias, S.A., 2007

**Traducción de la “Guía da Energia Solar – Concurso
Solar Padre Himalaya”
SPES – Sociedad Portuguesa da Energia Solar
ARENA- Agência Regional da Energia da Região
Autónoma dos Açores**

www.renovae.org/olimpiadasolar

www.itccanarias.org