

# El tiempo ¿Cómo lo medimos?



¿algunos sistemas ?  
Para medir el tiempo

## **Contenido:**

- 1. Cuenta de los días del año**
- 2. Cómo debe ser el calendario universal**

### **1. Cuenta de los días del año**

El sistema de referencia de largos intervalos de tiempo en el que se establece cierto orden para contar los días del año y se indica la época desde la cual se comienza a contar los años se denomina calendario.

Si entre la duración del día y del año, es decir, entre el tiempo de giro de la Tierra alrededor de su eje y el tiempo de su rotación alrededor del Sol, hubiese alguna razón sencilla, el cálculo de los días del año no sería muy difícil. Lo mismo es válido con relación a la cuenta de los días en el mes lunar. En cambio, nuestro sistema solar se formó de manera que en la actualidad la duración del año, con un error de hasta 0,1 segundo, es de 365 días 5 horas, 48 minutos y 46,1 segundos ó 365,2422 días. Comparando estos números es fácil de ver que las relaciones de la duración del año y el mes lunar respecto a la duración del día no se expresan con ningún número exacto, ni entero, ni fraccionario. Precisamente por esa razón fue tan difícil de confeccionar un sistema cómodo y sencillo de la cuenta de los días del mes y año. Ello se ve aunque sea del hecho que desde los tiempos remotos hasta el presente se inventaron centenares de semejantes sistemas y ni uno de ellos (incluyendo el que usamos en la actualidad) no se considera lo suficientemente bueno.

El desarrollo del cultivo de riego, el surgimiento de los estados, el crecimiento de las ciudades y la ampliación de los enlaces comerciales exigía el mejoramiento y la precisión del cálculo del tiempo. En esta fase de fomento de la civilización en algunos pueblos aparecen los calendarios lunares.

Por lo visto, el calendario lunar fue introducido por primera vez unos 4000 años atrás en la Babilonia Antigua. En este calendario la duración de los meses se calculaba de una luna nueva a la otra y se consideraba que éstos contenían por turno o bien 29 días, o bien 30. De esta manera, la duración media del mes del calendario de Babilonia era de 29,5 días, mientras que el mes lunar más exacto consta de 29,53011 días. El mencionado calendario consta de 12 meses, o sea, de 354 días, mientras que en realidad el año tiene 365,2422 días.

### **1. Relojes de Sol**

La historia del desarrollo de los métodos en medir el tiempo es el camino de los primeros relojes aproximados del mundo antiguo que permitían medir el tiempo con una precisión de hasta varios minutos al día, a los modernos relojes astronómicos que ofrecen la medición del tiempo con una exactitud de hasta milésimas y millonésimas fracciones de segundo. Es también la vía de una ampliación paulatina de los lapsos accesibles a la medición hasta miles de millones de años y milmillonésimas fracciones de segundo.

En el transcurso de siglos y milenios el aumento de las escalas de los lapsos a medir y el incremento de la precisión al definirlos siempre estuvieron ligados con la solución de una u otra tarea técnica o científica. Por eso precisamente la historia del reloj es una de las páginas más fascinantes de la lucha del genio humano por comprender las fuerzas de la naturaleza y dominarlas.

## 1. Relojes de sol

Los primeros dispositivos con cuya ayuda la gente empezó a medir el tiempo fueron los relojes de Sol, de arena, de fuego y de agua o clepsidras. El reloj de Sol se conoce desde hace mucho tiempo, más de 500 años antes de nuestra era. El arquitecto Marco Vitruvio Polión que vivió en el siglo I antes de nuestra era nos dejó las siguientes nociones sobre la construcción de los relojes de Sol del mundo antiguo, asimismo sobre sus inventores:

**«Se dice que el reloj de Sol en forma de un semicírculo ahuecado de una piedra labrada (cuadrada) cortado según la inclinación local del eje mundial lo inventó un sacerdote caldeo Beroso. El reloj en forma de tazas o semiesferio lo inventó Aristarco de Samos, también inventó un reloj en forma de una losa horizontal (disco); un reloj en forma de telaraña (con red de telaraña) fue construido por el astrónomo Eudoxio de Cnido, pero otros dicen que fue Apolonio de Pérgamo».**

El reloj de Sol consta de un objeto que da una sombra larga e intensa y de un cuadrante en el que se trazan divisiones que corresponden a las horas y partes de la hora. La obtención de la lectura del tiempo mediante el reloj de Sol se basa en el hecho de que durante el día la sombra que dan los objetos iluminados por el Sol, varía todo el tiempo. Ella se desplaza, cambiando simultáneamente su longitud: por la mañana muy temprano las sombras son largas, luego menguan y después del mediodía se alargan de nuevo. Por la mañana las sombras están dirigidas hacia el Oeste, al mediodía, en el hemisferio norte, al Norte, y por la tarde, hacia el Este. De acuerdo con ello, el tiempo se podía contar con dos métodos: por la longitud de la sombra o por su dirección. El segundo procedimiento es más cómodo y preciso.

Primero el indicador del reloj de Sol era una vara metida verticalmente en la tierra (gnomon) y el cuadrante constaba de jalones clavados en la tierra. Quizás era la forma más simple, pero no la más cómoda de los relojes de Sol, pues, siendo la posición del indicador vertical y la del cuadrante horizontal, el extremo de la sombra no describe una circunferencia, sino otra curva más compleja, con la particularidad de que día tras día, mes tras mes la posición de dicha curva cambia.

# Actividad , observa el sol durante el día y realiza lo siguiente.

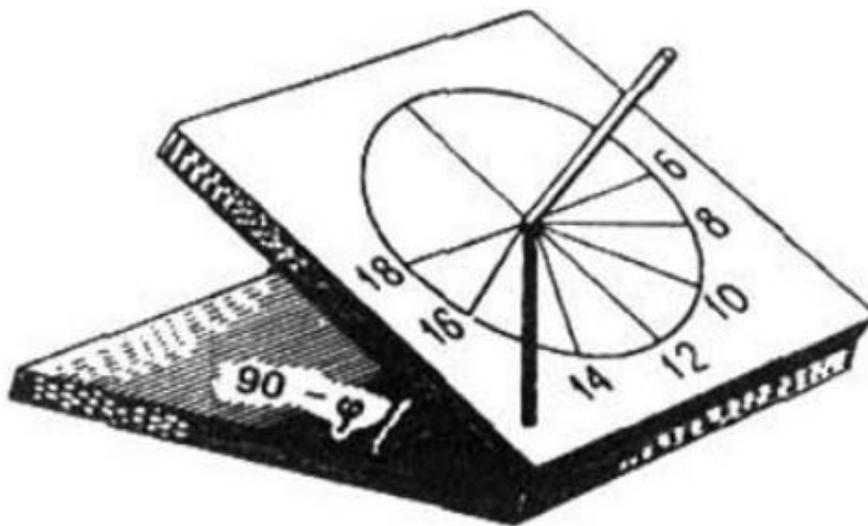
Dibuja el sol , observa donde da la sombra, según la hora que se muestra a continuación.

8:00 am

12:00 del medio día

3:00 pm

5:00 pm



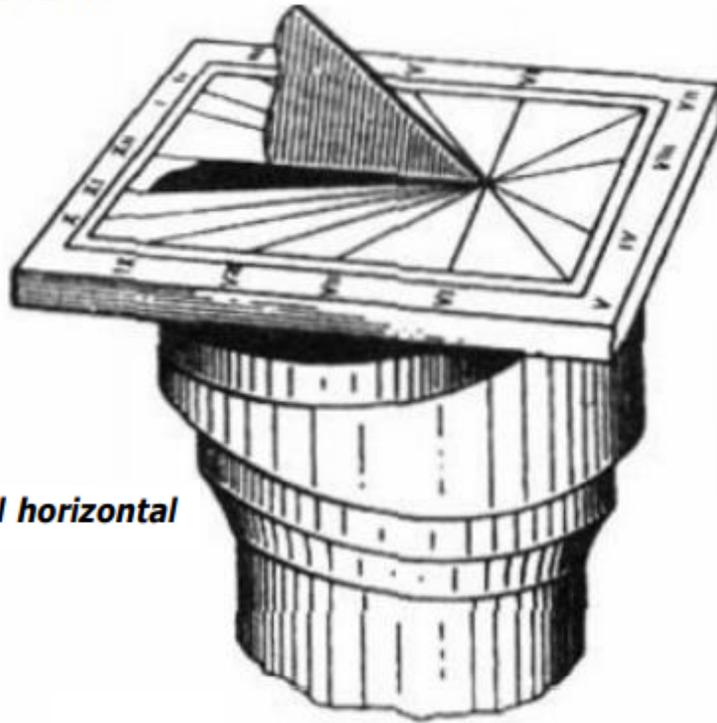
**Figura 2. Reloj de Sol ecuatorial**

En este reloj de Sol ecuatorial (figura 2) la tabla con el cuadrante se coloca inclinadamente hacia el horizonte bajo un ángulo de  $90^\circ - \varphi$ , donde  $\varphi$  es la latitud geográfica de la localidad dada. Por ejemplo, al confeccionar los relojes de Sol ecuatoriales para Moscú que se halla en la latitud geográfica de  $55^\circ 48'$ , el ángulo de inclinación de la tabla con relación al horizonte debe elegirse igual a  $90 - 55^\circ 48' = 34^\circ 12'$ .

El indicador del reloj de Sol ecuatorial se efectúa en forma de una barra que atraviesa el centro de la tabla inclinada de manera que una parte de ella sobresale hacia arriba y la otra, por debajo. Eso se hace porque en los relojes de Sol ecuatoriales la sombra de la barra durante una parte del año cae sobre el cuadrante de arriba y durante la otra parte, de abajo.

La ventaja del mencionado reloj es que su cuadrante vale para todos los días del año, con la particularidad que las divisiones horarias se encuentran a distancias

iguales unas de otras. Como defecto de este reloj puede indicarse el hecho de que durante una parte del año la sombra del indicador cae sobre el cuadrante por abajo, lo que dificulta la observación.



**Figura 3. Reloj de Sol horizontal**

El tiempo y su medición

El reloj de Sol horizontal (figura 3) consta de una tabla situada horizontalmente con un cuadrante marcado en ella y un indicador en forma de triángulo. El ángulo agudo de este triángulo se hace igual a la latitud geográfica de la localidad dada, de manera que la parte inclinada del triángulo resulta ser paralela al eje terrestre. El triángulo-indicador se coloca de modo que su plano sea perpendicular al cuadrante y la línea de la continuación de la base del triángulo se oriente en dirección Norte - Sur. A mediodía la sombra del indicador se dirige (en el hemisferio norte) hacia el Norte. Así pues, la señal del tiempo, correspondiente a las 12, se encuentra en la línea de la continuación de la base del triángulo. En el reloj de Sol horizontal la velocidad del desplazamiento de la sombra durante el día, varía. Por esta razón, en su cuadrante las señales horarias se trazan bajo diferentes ángulos desiguales. En los relojes de Sol horizontales lo mismo que en los ecuatoriales el cuadrante es válido para todos los días del año, con la particularidad de que durante todo el año la sombra del indicador incide sobre su cuadrante de arriba.

## 2. Relojes de arena, de fuego y de agua

El reloj de arena se confeccionaba por lo general como dos recipientes de cristal en forma de embudo puestos uno sobre otro. El recipiente superior se llenaba hasta un nivel determinado de arena, cuyo derrame servía de medida del tiempo. Después de que el recipiente superior vertía toda su arena, se le debía dar la vuelta al reloj (figura 4).

Para mayor comodidad de la lectura del tiempo a veces se usaba un sistema entero de recipientes el primero de los cuales se vaciaba en  $1/4$  de hora, el segundo, en  $1/2$  de hora, el tercero, en  $3/4$  de hora y el cuarto, en una hora. Después de que se vaciaba el cuarto recipiente, el último, una persona que se ponía especialmente para eso daba la vuelta a todos los recipientes de manera que la cuenta del reloj de arena comenzaba de nuevo y al mismo tiempo marcaba la expiración de la hora.



**Figura 4. Reloj de arena**

Los relojes de arena tenían mucho uso en los barcos; las «medias horas navales» servían a los marineros para establecer el orden de su vida como la alternativa de la guardia y el descanso.

La precisión del reloj de arena depende de la regularidad del derrame de la arena. Para que el reloj de arena sea más exacto es necesario usar una arena en lo posible homogénea, suave y seca que no forme bolitas en la garganta del recipiente. Para eso los relojeros del siglo XIII hervían la mezcla de arena y polvo de mármol en vino y jugo de limón, la espumaban y luego la secaban, repitiendo esta operación nueve veces. A pesar de todas esas medidas, los relojes de arena medían el tiempo con muy poca precisión.

Para calcular unos lapsos más o menos largos el reloj de arena no era cómodo tanto por su pequeña precisión como porque requiere una vigilancia continua. Para eso eran mucho más cómodos los relojes de agua y de fuego (o de vela) que desde la antigüedad se propagaron a gran escala.

Los mineros de la antigüedad al extraer en las minas la plata y el hierro, usaban un procedimiento peculiar de medir el tiempo: en una lámpara de arcilla que cogía consigo el minero bajo tierra se vertía tanta cantidad de aceite que alcanzase para que el candil ardiese 10 horas. Cuando el aceite se acababa el minero sabía que su jornada de trabajo se terminaba y subía arriba.

En China se utilizaban los relojes de fuego de otra construcción: de unas clases especiales de árbol, pulverizado junto con sustancias aromáticas, se amasaba una pasta de la que se hacían palitos de las formas más diversas, por ejemplo en forma de espiral (figura 5).



**Figura 5. Reloj de fuego chino**

Algunos modelos de relojes de fuego alcanzaban varios metros de longitud; podían arder meses enteros, a penas crepitando y exhalando aroma. A veces en algunos lugares determinados se colgaban bolas metálicas que, al quemarse el palo, caían en un jarrón de porcelana sonando muy alto, así se obtenía un despertador de fuego.

También era un defecto de este tipo de reloj el que se le necesitaba periódicamente renovar. El reloj de agua respecto a eso era más cómodo ya que no presentaba dificultad alguna la renovación de la cantidad de agua.

El reloj de agua se conocía ya en el Egipto Antiguo, Judea, Babilonia, Grecia y China. Los griegos lo llamaban clepsidra lo que significa al pie de la letra «ladrona de agua». Haciendo uso de este reloj, el tiempo se determinaba por la velocidad del derrame del agua de un recipiente en otro, dotado de marcas, cuyo nivel de agua indicaba precisamente la hora. Para prolongar el intervalo de tiempo medido se hacían a veces varios recipientes semejantes: tres, cuatro (figura 6).



**Figura 6. Reloj de agua**

Las clepsidras se utilizaban en la vida cotidiana para calcular el tiempo; en las reuniones públicas y en el jurado se usaban para reglamentar el tiempo de la intervención de los oradores. En el ejército, las clepsidras se utilizaban para el relevo de la guardia. En la antigüedad el reloj de agua era un dispositivo muy difundido a pesar de que su precisión era bastante reducida.

Para elevar la precisión de la lectura del tiempo los constructores de las clepsidras debían tener en cuenta que el agua se vierte por el orificio no regularmente, sino tanto más rápido cuanto mayor es la presión, es decir, cuanto más elevado es su nivel en el recipiente. Complicando en cierta medida los dispositivos, los constructores de los relojes de agua lograban que éstos no atrasasen a medida de que se vaciaba el recipiente superior.

Fue Galileo Galilei quién halló una solución nueva en principio de este problema, usando para contar la hora las oscilaciones del péndulo.

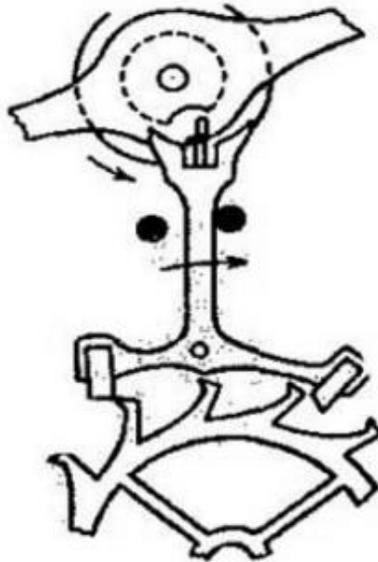
Conforme a la leyenda, en 1584, Galileo de veinte años de edad estando en una catedral, bajo cuyas bóvedas altas andaba el viento, prestó atención a cómo oscilaban las enormes lámparas de bronce suspendidas del techo. Estas lámparas eran de diferente tamaño y distinto peso, pero estaban colgadas de unas cadenas de la misma longitud y oscilaban con el mismo período. Dicen que eso fue precisamente lo que sugirió a Galileo la idea de utilizar las oscilaciones del péndulo para regular la marcha del reloj.

Más tarde Christian Huygens independientemente de Galileo elaboró un mecanismo del reloj de péndulo y lo calculó.

El principio de funcionamiento de los relojes de péndulo es el siguiente: el resorte crea una fuerza que mueve todo el sistema de ruedas y el péndulo garantiza la regularidad de su marcha (figura 8).



**Figura 8. Reloj de péndulo del siglo XVII**



**Figura 9. Escape de áncora**

El mecanismo de este reloj es este: del eje de transmisión a través de una serie de ruedas intermedias se ponen en movimiento las ruedas de minuto y de segundo. La última se rodea por el áncora que consta de un arco con dos salientes sesgados (figura 9).

Iván Petrovich Kulibin (1735-1818) hizo un reloj en forma de un huevo, provocando un asombro merecido de los contemporáneos (figura 10).



**Figura 10. Reloj de Kulibin**

Su mecanismo que constaba de casi 500 piezas estaba compuesto de manera que daban las horas y los cuartos de hora, interpretando en estos casos diferentes melodías, en el reloj se movían unas figuras, etc. Cinco años estuvo confeccionando el mecanismo de este reloj, luego obsequió con él a la zarina Catalina II. Kulibin

describía el mecanismo del reloj así: «Al llegar cada hora, dentro del cuerpo se abren las puertas de hojas, dentro de dicho huevo se ve algo parecido a una sala en la cual enfrente de las puertas se coloca como una tienda semejante de ataúd del Señor, el ataúd y en él una puerta pequeña cerrada. Y en la puerta se coloca una piedra. Por las dos partes del ataúd están dos guardianes con lanzas. Al abrirse las puertas mencionadas cada medio minuto al instante aparece una semejanza de ángel. De esta aparición la piedra se aparta, la puerta del ataúd se destroza y los guardianes que estaban al lado del ataúd de repente se postran.



Tipos de relojes y un mismo sistema