

# Tema 4 – Tiempo (Parte teórica)



**Geodesia Anstronónima**

# Tiempo

---

Variable



Intervalo entre sucesos



Orden de ocurrencia



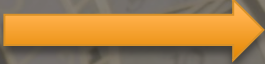
Escala



Origen y unidad

# Escalas y unidades

## ○ Se debe definir:

- Sistema dinámico (físico)
    - Secuencia continua e indefinida
    - Cronología u orden de sucesos
  - Unidad de tiempo
    - Intervalo de tiempo entre dos sucesos
  - Origen
    - Época o instante en que ocurre
    - Medición del número de unidades de tiempo que existen entre dicho origen y la época en que ocurre.
- Referencia
- 

# Escalas y unidades

- Estable > Continua
- Exacta > Intervalos iguales
- Accesible > Conocer la unidad
  - ¿Qué hora es?

Escalas de Tiempo

Astronómicas

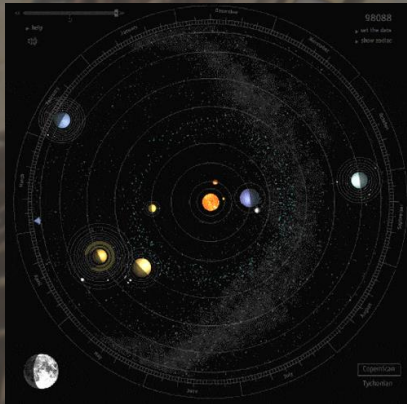
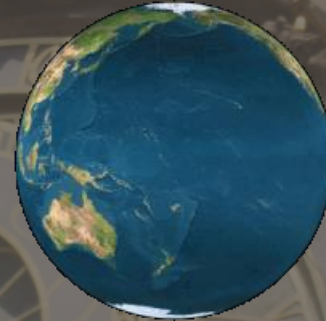
Físicas

# Escalas astronómicas

Rotación de la Tierra



Día



Traslación de la Tierra



Año

No siempre son adecuados para describir un evento

# Escalas astronómicas

## Traslación de la Tierra

Año

Dos pasos  
consecutivos del Sol

Sidéreo

$360^\circ$

365d 05h 48m 45.25s

Trópico

$\gamma$

365d 05h 48m 46s

Anomalístico

Perigeo

365d 06h 13m 52s

# Escalas astronómicas

Rotación de la Tierra

**Escalas rotacionales**

Ángulo horario

**Tiempo = ángulo**

Tiempo solar: Sol

Día solar

Tiempo sidéreo:  $\gamma$

Día sidéreo

# Tiempo sidéreo ( $\theta_l$ )

- Ángulo horario de  $\gamma$ 
  - Dos pasos consecutivos de  $\gamma$  por el meridiano del lugar.
  - Relaciona sistemas de coordenadas ecuatoriales horarias y absolutas:

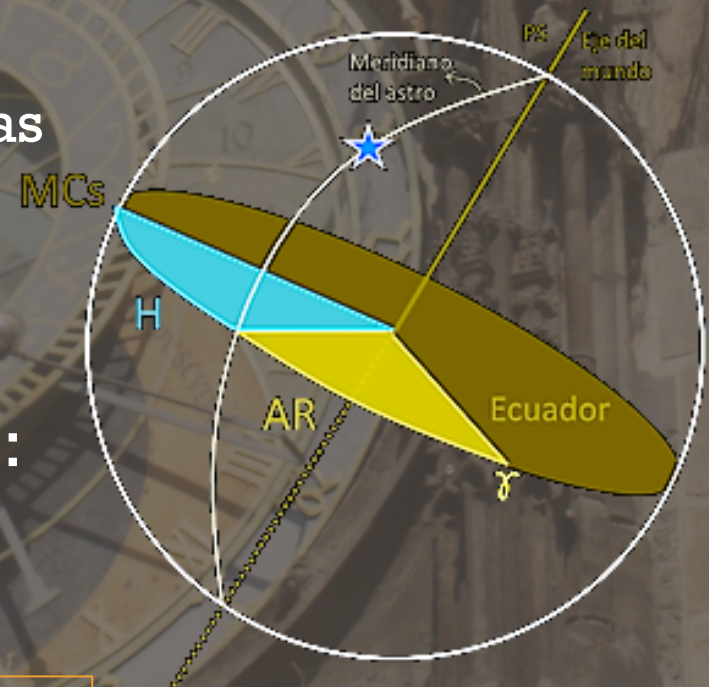
$$\text{Tiempo Sidereo} = H + AR$$

*Ecuación de los Equinoccios (EE):*

$$EE = \underbrace{\theta_{\text{aparente}}}_{\text{Afectado por precesión y nutación}} - \underbrace{\theta_{\text{medio}}}_{\text{Afectado por precesión}}$$

Afectado por precesión y nutación

Afectado por precesión





# Tiempo sidéreo ( $\theta_l$ )

Ángulo establecido para las 0<sup>h</sup> de  
Tiempo Universal (En Greenwich)

Fecha 0 <sup>h</sup> UT	Día Juliano	Tiempo Sidéreo Ángulo Horario de Aries		Ecuación de los Equinoccios ( $E_0$ )	
		Aparente	Medio		
	245	h m s	s	s	
Enero	01	6 40 28.2288	29.2370	-1.0082	
	02	6 44 24.7812	25.7924	-1.0112	
	03	6 48 21.3329	22.3478	-1.0149	
	04	6 52 17.8849	18.9031	-1.0182	
	05	6 56 14.4383	15.4585	-1.0202	
	06	8854.5	7 0 10.9937	12.0139	-1.0202
	07	8855.5	7 4 7.5516	8.5692	-1.0176
	08	8856.5	7 8 4.1124	5.1246	-1.0122
	09	8857.5	7 12 .6757	1.6800	-1.0043

# Tiempo Solar

Punto de referencia

Sin  $\Delta AR$

Movimiento constante

No lo cumple el Sol ni  $\gamma$

Sol

$\Delta v$  en traslación  
(2° Ley Kepler)

Solución: Sol ficticio sobre eclíptica  $\omega$  cte  $>$   $\Delta l$  cte.

Oblicuidad de eclíptica:  $\Delta AR$   
Solución: Sol medio sobre ecuador a  $v$  cte.

Tiempo solar medio ( $T_m$ )

# Ecuación del tiempo

Tiempo medio: Patrón de tiempo



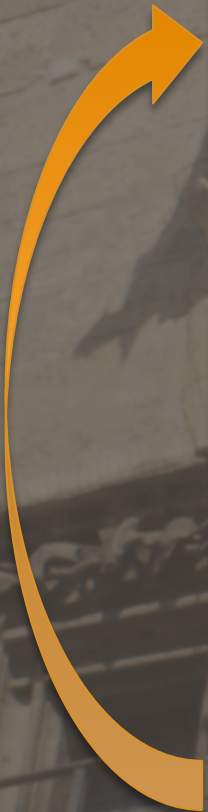
Tiempo solar verdadero: realidad física



**Ecuación del Tiempo:**

$$E_T = T_v - T_m$$

Siempre menor a 16 minutos



# Ecuación del tiempo

Ecuación del Tiempo:

$$E_T = T_v - T_m$$

Siempre menor a 16 minutos

ECUACIÓN DE TIEMPO 2020 (Aparente - Medio) Para 0h Tiempo Universal

Fecha	E de T		$\Delta$ (E de T)	Fecha	E de T		$\Delta$ (E de T)
	m	s	s		m	s	s
Enero	1	- 3 05.112	-28.451	Marzo	1	-12 20.615	+11.922
	2	- 3 33.563	-28.106		2	-12 08.684	+12.424
	3	- 4 01.669	-27.733		3	-11 56.269	+12.907
	4	- 4 29.402	-27.330		4	-11 43.562	+13.373
	5	- 4 56.732	-26.897		5	-11 29.990	+13.818

Extracto del SANA 2020

Si  $E_t$  es  $< 0$  y  $E_t = T_v - T_m$ , entonces  $T_m$  es más grande que  $T_v$ , por lo que  $T_m$  está adelantado con respecto a  $T_v$  (o aparente).

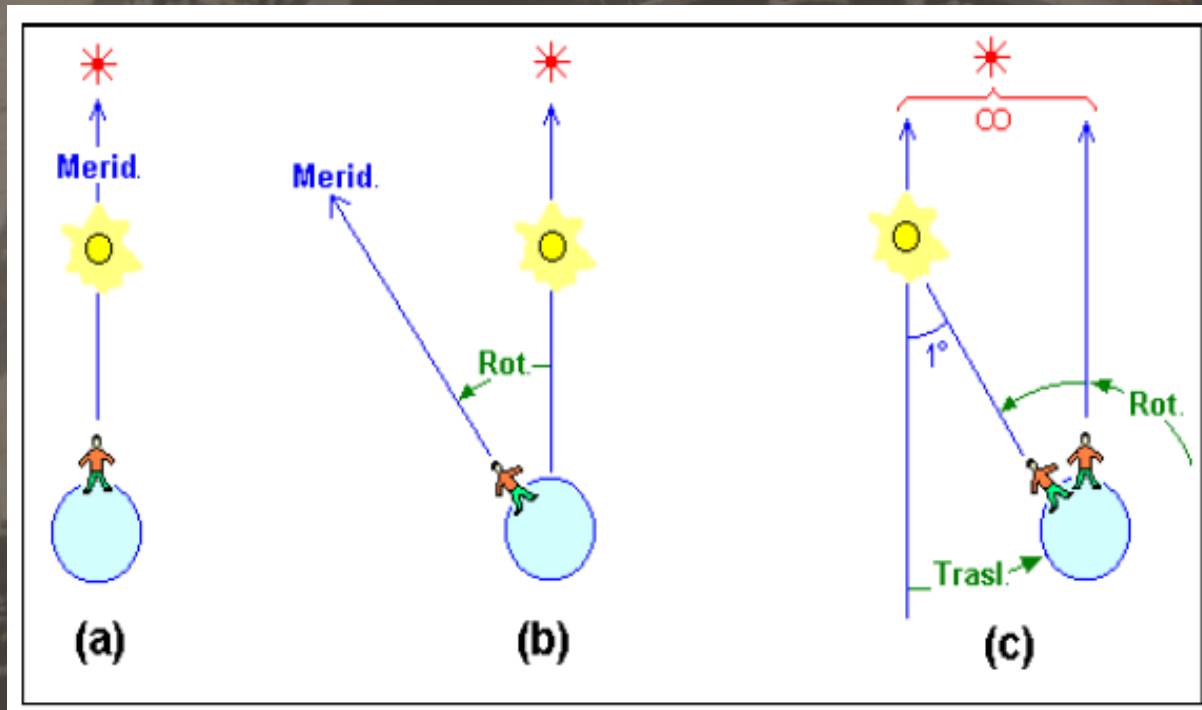
# Analema



Lugar: Veszprem, Hungría.  
Hr: 09:00 UTC  
Ph: Tamas Ladanyi

# Relación $T_m$ y $\theta_l$

Ambas escalas tienen diferente marcha



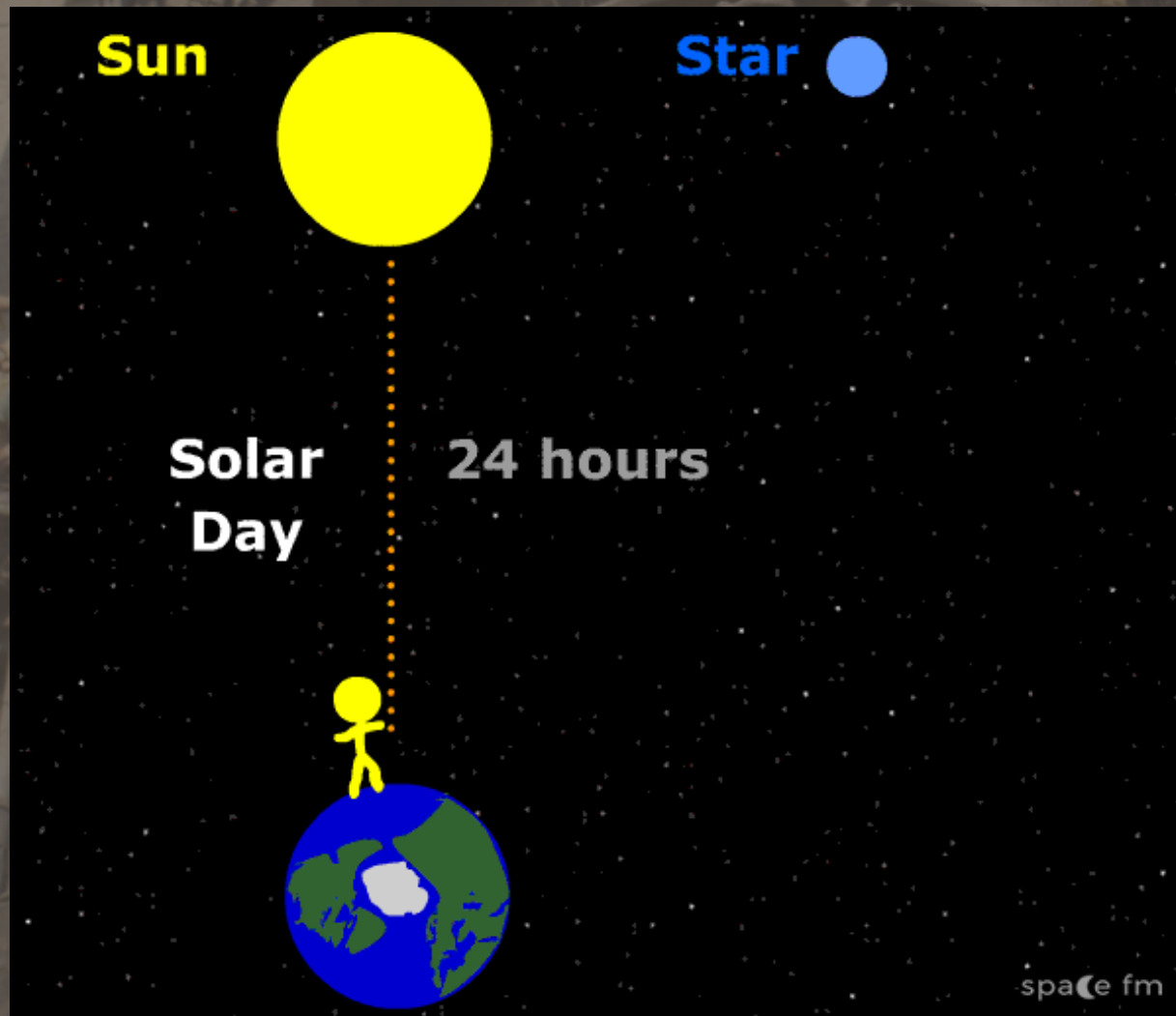
$$T_m - \theta_l = 3m 56s.55536 \text{ por día}$$

1 Día Medio (solar) = 24h 03m 56s.55536 de tiempo sidéreo

Al cabo de un año se acumula un día entero

365.242190 días solares = 366.242190 días sidéreos

# Relación $T_m$ y $\theta_l$



# Definición de día

## Tiempo Solar Verdadero y Día Solar Verdadero

- *Tiempo Solar Verdadero ( $T_v$ ):* ángulo Horario ( $H_v$ ) del Sol verdadero.
- *Día Solar Verdadero:* intervalo entre dos pasos sucesivos del Sol verdadero por el meridiano inferior.

## Tiempo Solar Medio y Día Solar Medio

- *Tiempo Solar Medio ( $T_m$ ):* ángulo Horario ( $H_m$ ) del Sol medio.
- *Día Solar Medio:* intervalo de tiempo transcurrido entre dos pasos sucesivos del Sol medio ( $S_m$ ) por un punto de referencia.



# Definición de año

## Trópico

- Dos pasajes sucesivos del Sol medio por el equinoccio .
- Tempo real de la Tierra en cumplir una traslación alrededor del Sol
- **1 año = 365.242198 días medios (365d 05h 48m 46s)**

## Sidéreo

- 360 grados.
- Dos pasos consecutivos de la Tierra por un mismo punto
- **1 año = 365.242190402 días medios (365d 05h 48m 45.25s).**

## Anomalístico

- Dos tránsitos sucesivos de la Tierra por el perihelio
- **1 año = 365,259635864 días medios (365d 06h 13m 52s)**

# Escalas de tiempo físicas

Es necesario disponer de algún fenómeno natural o artificial que tenga características de repetitivo y medible = Materialización

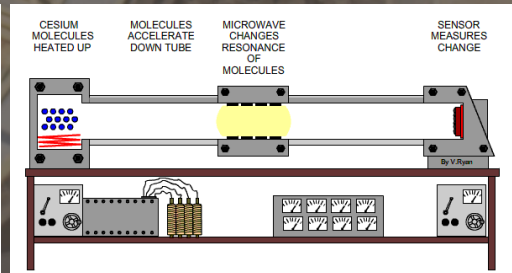
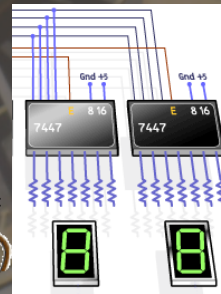
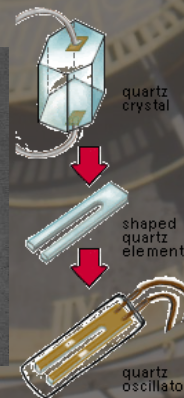
Sol, arena

Péndulo

Cuarzo

Eléctronicos

Atómicos



# Tiempo atómico

- Circuito eléctrico oscilante cuya frecuencia viene regulada por vibraciones internas, de origen cuántico, de átomos que proporcionan una serie continua de impulsos eléctricos.

How atomic clocks work: <https://goo.gl/EgHtby>

- La unidad: *segundo atómico* - duración de 9.192.631.770 períodos de radiación del átomo de cesio 133.

How atomic clocks work: <https://goo.gl/EgHtby>

# Tiempo atómico internacional (TAI)

---

- Red internacional de relojes que asegure la continuidad del sistema en el caso de que alguno se pare.
- Cada reloj atómico define su propia escala de tiempo – Se ponderan las mediciones para brindar una única
- 1973, se estableció el tiempo atómico internacional (TAI).
  - En 1981 se contaba con 118 relojes distribuidos en 25 laboratorios.
- En Uruguay, LABUTE participa en forma directa en la definición de UTC (Tiempo Universal Coordinado) pero no existe una ley nacional que defina la hora oficial.
  - <https://revistas.um.edu.uy/index.php/ingenieria/article/view/1193/1548>

# Tiempo universal coordinado

Tiempo atómico

Uniforme



Tiempo rotacional

No uniforme

Pero rige la vida



Tiempo universal coordinado (UTC)

Marcha como el tiempo atómico, pero sujeto a saltos de 1" entero para que no se aparte del Tiempo Solar en más de 0.9"

# Hora civil, legal y oficial

## Civil:

Paso del Sol por el meridiano del lugar

- Problema: Cambio de día en mediodía
- Solución: Traslado de origen al meridiano inferior
- $Hora\ civil = Hora\ media + 12h.$
- Es local > No sirve para la vida en sociedad

## Legal:

Adoptado por huso horario

Tiempo único dentro de país o región

Problema: al pasar de un país a otro. Solución: Husos horarios

*Tiempo universal (TU):* Hora legal del huso 0 (Greenwich)

$$HL = TU + huso$$

## Oficial:

Hora reloj

- Hora adoptada según las necesidades
- Horario de verano o invierno ( $\pm 1hr$ )
- HOA: Huso -4
- Actualidad: Huso -3

# Hora civil, legal y oficial



Ph: PARosell

Fecha: 18/02/2020

HO: 13:39

HC: 12:00

TU: 16:39

Lugar: Mendoza

# Lo importante a saber

---

- Definición
- Condiciones para poder medirlo y cómo se hace
- Escala astronómica
  - Tiempo solar
    - Ecuación del tiempo
  - Tiempo sidéreo
    - Ecuación de los equinoccios
- Escalas físicas
  - Tiempo atómico
  - UTC
  - Hora civil, legal y oficial
- Transformación entre tiempos medios y sidéreos