

Los Sistemas de Referencia

- ❑ **Se requieren a fin de modelar las observaciones geodésicas**

- ❑ **Hemos distinguido entre :**
 - * Sistema de Referencia Celeste (fijo en el espacio)

 - * Sistema de Referencia Terrestre (fijo a la Tierra)

- ❑ **Los Sistemas de Referencia se realizan a través de Marcos de Referencia**
 - *Un conjunto de puntos con coordenadas y velocidades conocidas.

Los Sistemas de Referencia

* Sistema de Referencia Celeste (fijo en el espacio)

*Movimientos de la
Tierra en el Espacio*

* Sistema de Referencia Terrestre (fijo a la Tierra)

**En la actualidad, el IERS (International Earth
Rotation Service)**

➤ *Está a cargo de Proveer y Mantener los Marcos de
Referencia Terrestre y Celeste*

➤ *Calcular los parámetros que los vincula*

Los Sistemas de Referencia

* Sistema de Referencia Celeste (fijo en el espacio)

*Movimientos de la
Tierra en el Espacio*

* Sistema

-Es la mejor aproximación a un Sistema Inercial.

-Un Sistema Inercial es necesario para describir los movimientos de la Tierra y otros objetos estelares (ej. **SATELITES ARTIFICIALES**)

En la ac
Rotatio

➤ *Está a cargo de Proveer y Mantener los Marcos de Referencia Terrestre y Celeste*

➤ *Calcular los parámetros que los vincula*

Los Sistemas de Referencia

Sistema Terrestre = Rotación * Sistema Celeste (Inercial)

Rotación : es una matriz que debe contemplar la ubicación y la orientación (y la resp. variación en el tiempo) de la Tierra con respecto a un sistema fijo en el Espacio.

- *Los elementos de un sistema Celeste*
- *Los movimientos de la Tierra en el Espacio (**Rotación**)*
- *Finalmente arribaremos a un Sistema Terrestre*

Los movimientos de la Tierra en el Espacio

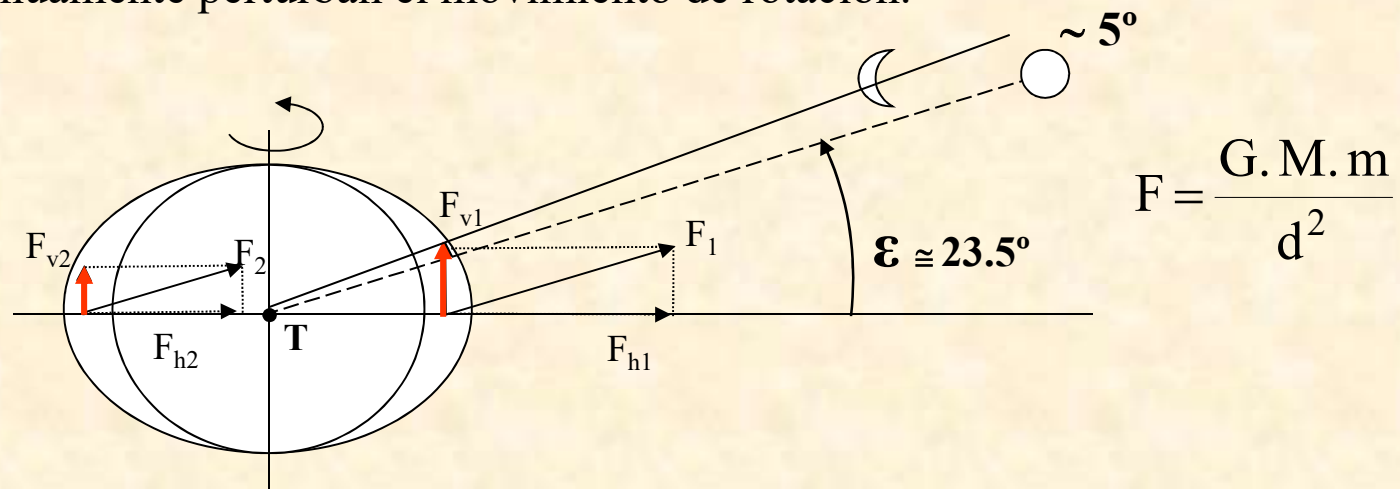
•El movimiento de la Tierra puede separarse para su estudio:

✓ el de su Centro de Masa (CM) afectado principalmente por la fuerza dominante del Sol que provoca una órbita prácticamente elíptica, pero afectado por las fuerzas “perturbadoras” del resto de los planetas del Sistema Solar.

✓ la rotación en torno de un eje que pasa por el CM del planeta.

Causas del movimiento

El movimiento de la Tierra relativo a su centro de masa es determinado principalmente por la acción gravitatoria de la Luna y el Sol, que continuamente perturban el movimiento de rotación.



a) $F_1 > F_2$ por efecto de distancia

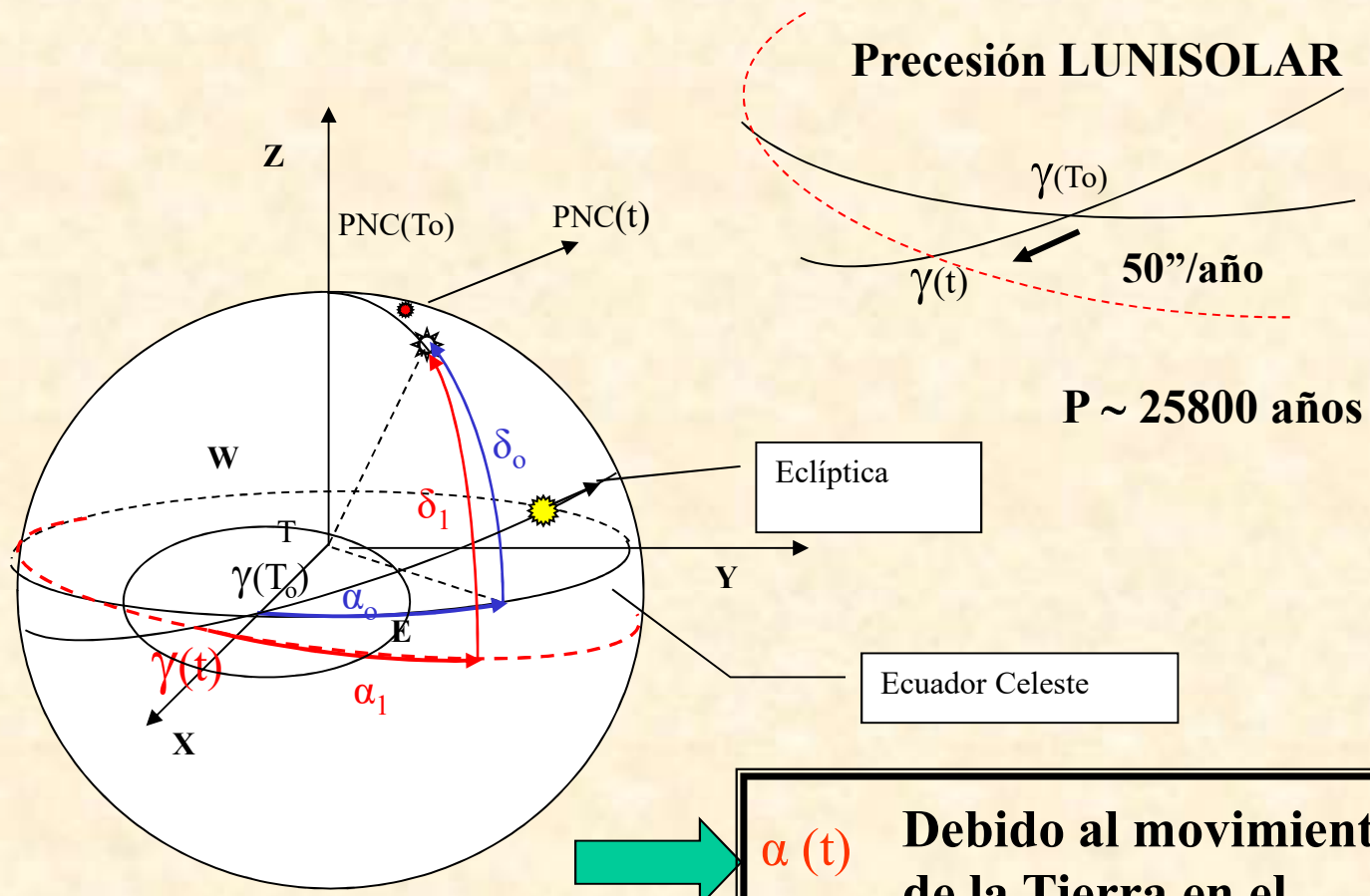
b) $F_{h1} > F_{h2}$ y $F_{v1} > F_{v2}$

$$\tau = \frac{\partial \mathbf{L}}{\partial t}$$

τ : Torque de las Fuerzas Exteriores

L : Momento angular

Movimientos en el Espacio



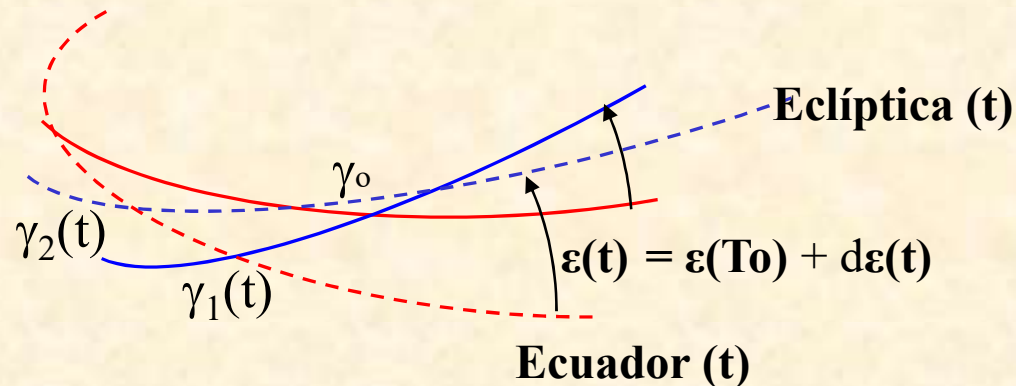
***Fue descubierto por Hiparco (150 a.C.)**

$\alpha(t)$ Debido al movimiento de la Tierra en el
 $\delta(t)$ Espacio

Movimientos en el Espacio

✓ Pero el resto de los planetas, ejercen su acción gravitatoria sobre el CM de la Tierra produciendo una ligera variación en el plano de la Eclíptica (**Precesión Planetaria**)

✓ El movimiento de la Eclíptica produce variaciones **en la posición de los Equinoccios y en la Oblicuidad de la Eclíptica.**



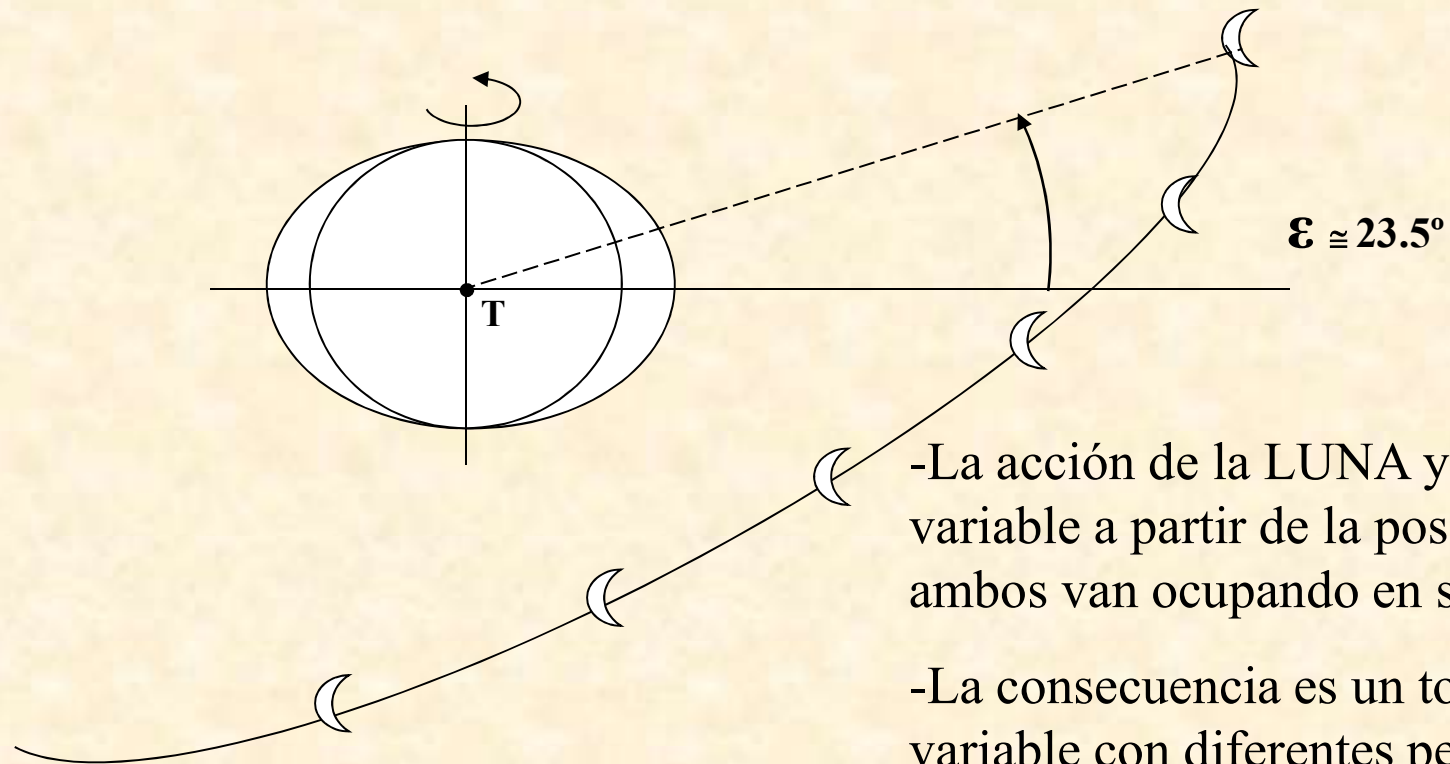
$\gamma_1(t)$: Posición del Punto vernal debido a la Precesión Lunisolar

$\gamma_2(t)$: Posición del Punto vernal debido a la

PRECESION GENERAL = Prec. Lunisolar + Prec. Planetaria

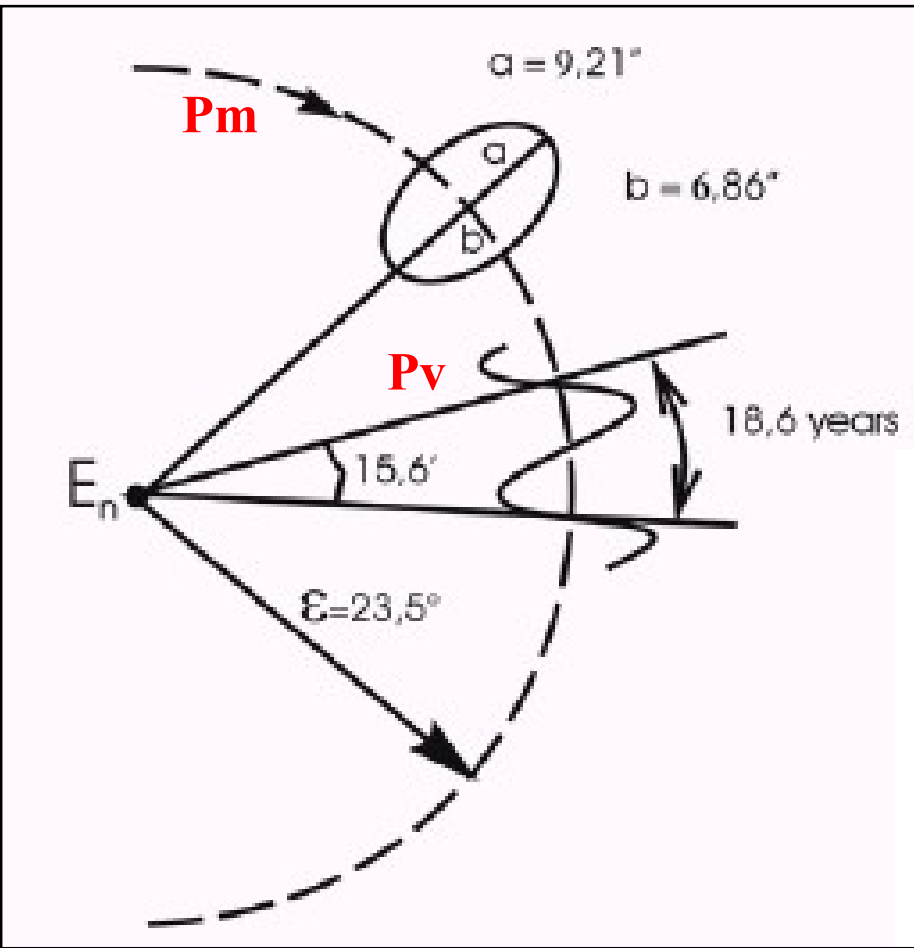
Movimientos en el Espacio

NUTACIÓN



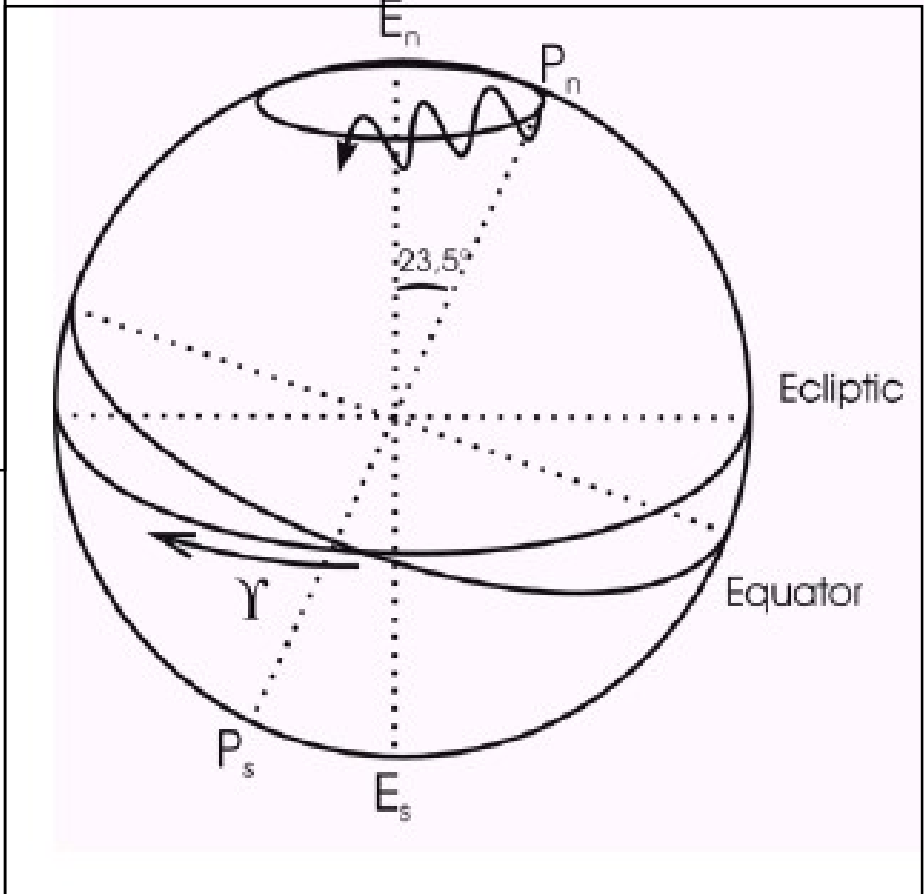
-La acción de la LUNA y el SOL será variable a partir de la posición que ambos van ocupando en sus órbitas.

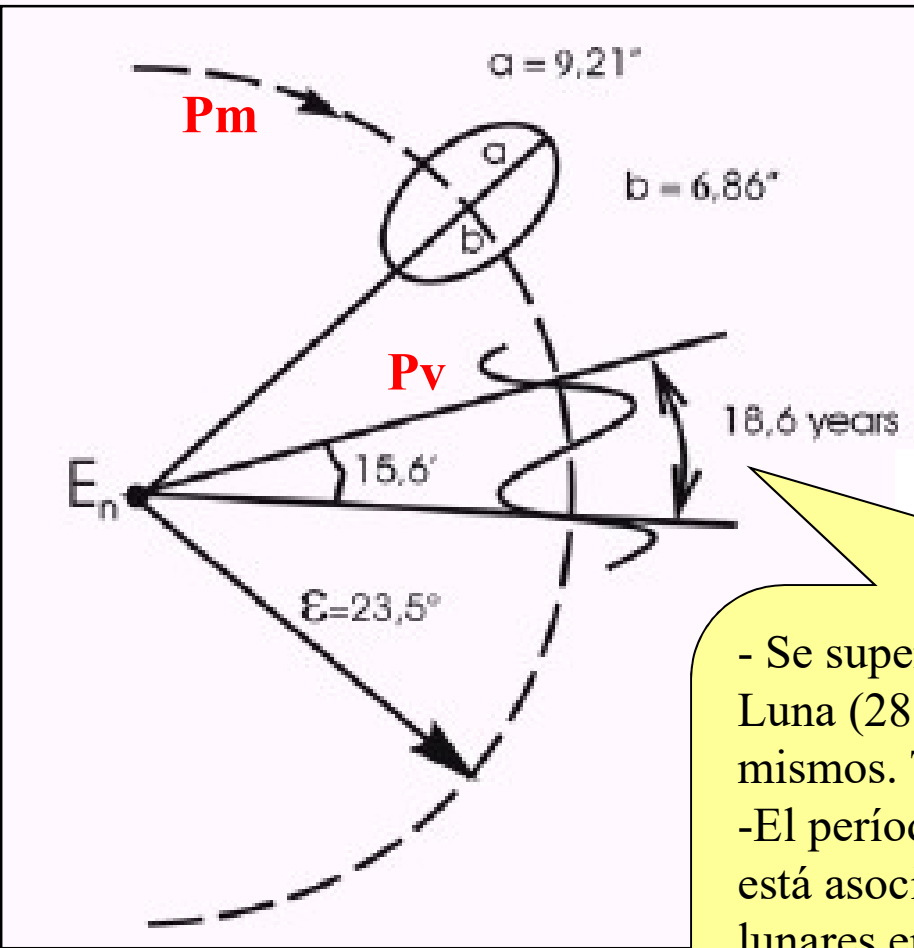
-La consecuencia es un torque variable con diferentes períodos (asociados a la Luna y el Sol).



PRECESION + NUTACION

Descubierta por BRADLEY en el siglo XVII



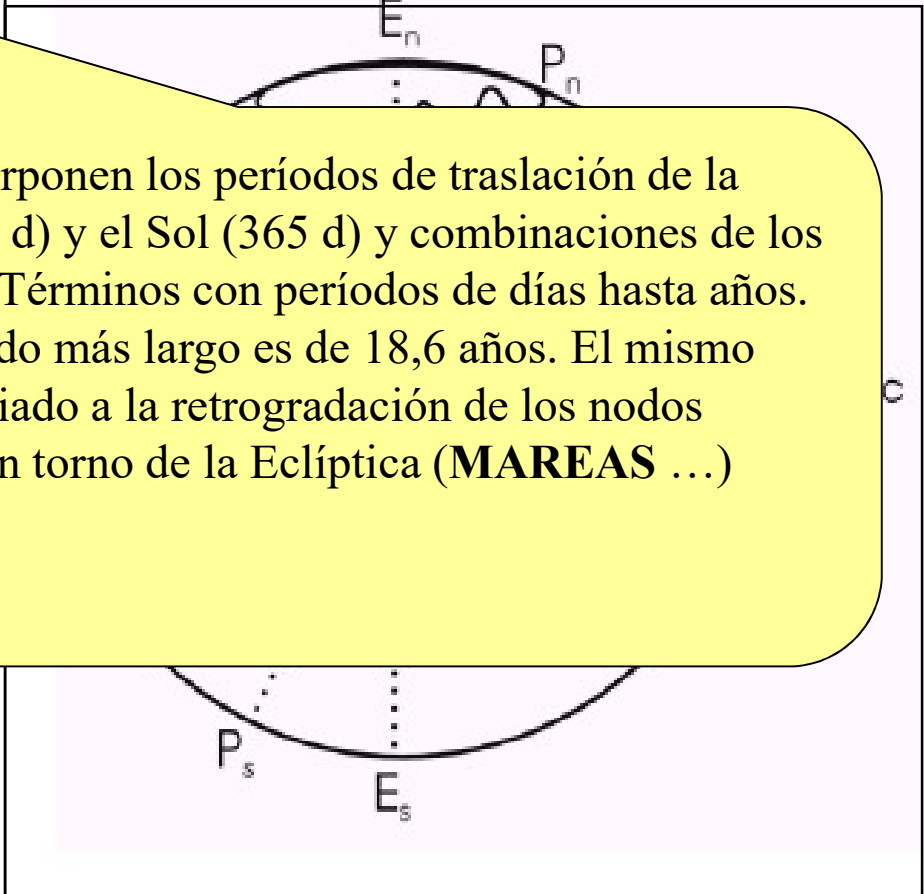


PRECESION + NUTACION

- Se superponen los períodos de traslación de la Luna (28 d) y el Sol (365 d) y combinaciones de los mismos. Términos con períodos de días hasta años.

-El período más largo es de 18,6 años. El mismo está asociado a la retrogradación de los nodos lunares en torno de la Eclíptica (**MAREAS ...**)

Descubierta por BRADLEY en el siglo XVII

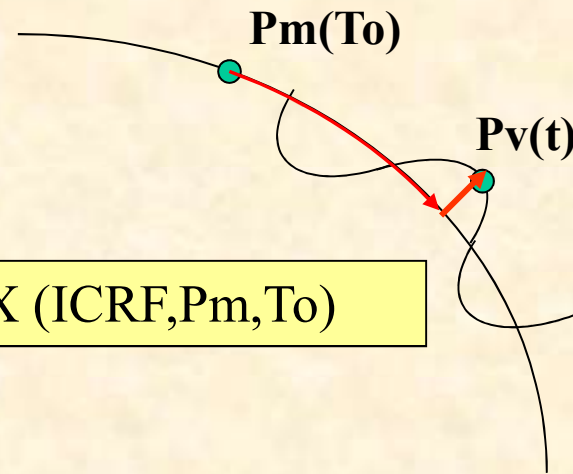


✓ Por lo visto hasta aquí, las coordenadas de los objetos celestes son variables en el tiempo. Por este motivo, la **única manera de definir un sistema inercial es adoptando una época T_0** para la cual se definen las COORDENADAS y eventuales VELOCIDADES de un conjunto de objetos.

✓ El actual **ICRS** (International Celestial Reference System) se materializa a través de las coordenadas de un conjunto de Radio Fuentes Extragalácticas.

✓ El **ICRF** (International Celestial Reference Frame): 608 fuentes extragalácticas para la época 2000.0

$$X(P_v, t) = R(Nut) * R(Prec) * X(ICRF, P_m, T_0)$$



Coordinates of the 212 defining sources in ICRF-Ext.1 (extract)

Designation (1)	IERS Des. (2)	Right ascension J2000.0			Declination J2000.0			Uncertainty	
		h	m	s	o	'	"	R.A. s	Dec. "
J000557.1+382015	0003+380	0	5	57.175409	38	14	857	.000041	.00051
J001031.0+105829	0007+106							.000032	.00068
J001033.9+172418	0007+171							.000021	.00035
J001331.1+405137	0010+405							.000026	.00034
J001708.4+813508	0014+813	0	17	8.4774	81	35	8.13533	.000121	.00026
J004204.5+232001	0039+230	0	42	4.545	23	20	1.06129	.000036	.00060
J004959.4-573827	0047-579	0	49	59.473	-57	38	27.33992	.000047	.00053
J011205.8+224438	0109+224	1	12	5.824	22	44	38.78619	.000027	.00049
J012642.7+255901	0123+257							.000030	.00054
J013305.7-520003	0131-522							.000049	.00081
J013658.5+475129	0133+476							.000026	.00027
J013738.3-243053	0135-247	1	37	38.346378	-24	30	53.88526	.000055	.00042
J014125.8-092843	0138-097	1	41	25.832025	-9	28	43.67381	.000081	.00088
.....

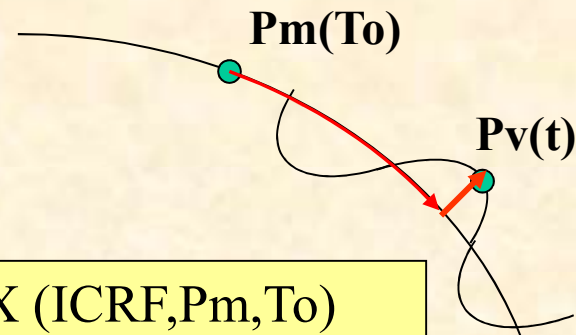
Recordar que 1" sobre la Tierra representa ~ 30 m.
⇒ 0.0005" implica 1,5 cm

Será muy importante para inferir resultados Geofísicos (acoplamiento Nucleo-Manto ...)

✓ Por lo visto hasta aquí, las coordenadas de los objetos celestes son variables en el tiempo. Por este motivo, la **única manera de definir un sistema inercial es adoptando una época T_0** para la cual se definen las COORDENADAS y eventuales VELOCIDADES de un conjunto de objetos.

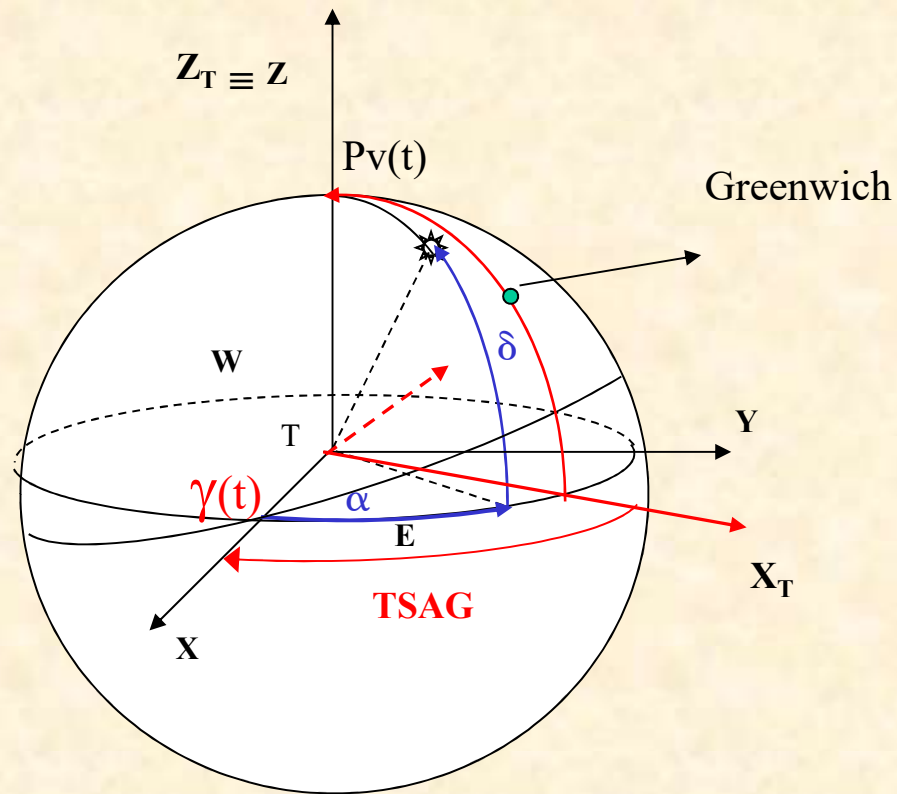
✓ El actual **ICRS** (International Celestial Reference System) se materializa a través de las coordenadas de un conjunto de Radio Fuentes Extragalácticas.

✓ El **ICRF** (International Celestial Reference Frame): 608 fuentes extragalácticas para la época 2000.0



$$X(P_v, t) = R(Nut) * R(Prec) * X(ICRF, P_m, T_0)$$

Sistema Verdadero = Rotación * Sistema Celeste (Inercial)



$$X(P_v, t) = R(Nut) * R(Prec) * X(ICRF, P_m, T_0)$$

$$X_T(P_v, t) = R(TSAG) * R(Nut) * R(Prec) * X(ICRF, P_m, T_0)$$

Los Sistemas de Referencia

Sistema Terrestre = Rotación * Sistema Celeste (Inercial)

$$X_T(Pv,t) = R(GAST) * R(Nut) * R(Prec) * X(ICRF,Pm,To)$$

Sistema Terrestre \neq $X_T(Pv,t)$

Sistema Terrestre = R(Fint) * $X_T(Pv,t)$

Fenómenos Internos del Planeta.
Muy importante relación con la interpretación
Geofísica.

Bibliografía:

**-WOLFGANG TORGE . Geodesy 3rd Edition (de Gruyter).
Berlin-New York 2001.**

**-WAHR JOHN. Geodesy and Gravity. Class Notes. Samizdat
Press. 1999.**

**-EXPLANATORY SUPPLEMENT to the Ephemeris. Nautical
Almanac Offices of The United Kingdom and The United
States of America. 1961.**

**-WOOLARD EDGAR. Astronomical Papers. Theory of The
Rotation of The Earth Around its Center of Mass. Washington.
1953.**

**Las matrices de rotación son calculadas por la
Astronomía a partir de la teoría del sistema solar.**

$$\mathbf{R}(\text{Prec}) = \mathbf{R}_3(-z) \mathbf{R}_2(\theta) \mathbf{R}_3(-\zeta)$$

$$\mathbf{R}(\text{Nut}) = \mathbf{R}_1(-\varepsilon - \Delta\varepsilon) \mathbf{R}_3(-\Delta\psi) \mathbf{R}_1(\varepsilon)$$

$$z = 0.6406161^\circ T + 0.0003041^\circ T^2 + \dots$$

$$\theta = 0.5567530^\circ T - 0.0001185^\circ T^2 + \dots$$

$$\zeta = 0.6406161^\circ T + 0.0000839^\circ T^2 + \dots$$

$$\varepsilon = 23^\circ 26' 21.448'' - 46.815'' T - \dots$$

$$\Delta\varepsilon = 9.202'' \cos \Omega + 0.574'' \cos 2(F - D + \Omega) +$$

$$\Delta\psi = -17.20'' \sin \Omega - 1.319'' \sin 2(F - D + \Omega) +$$

T: en siglos

D, F y Ω : parámetros de la órbita lunar

