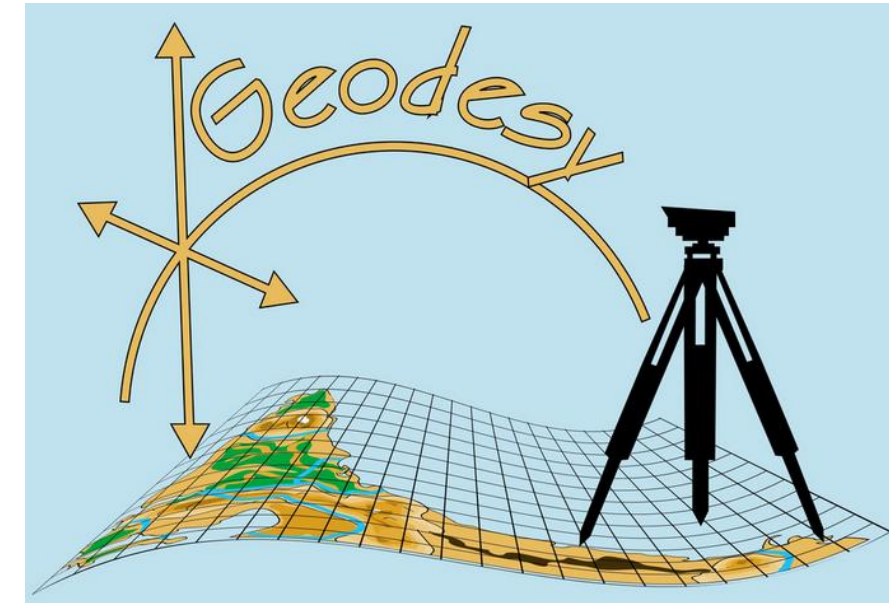
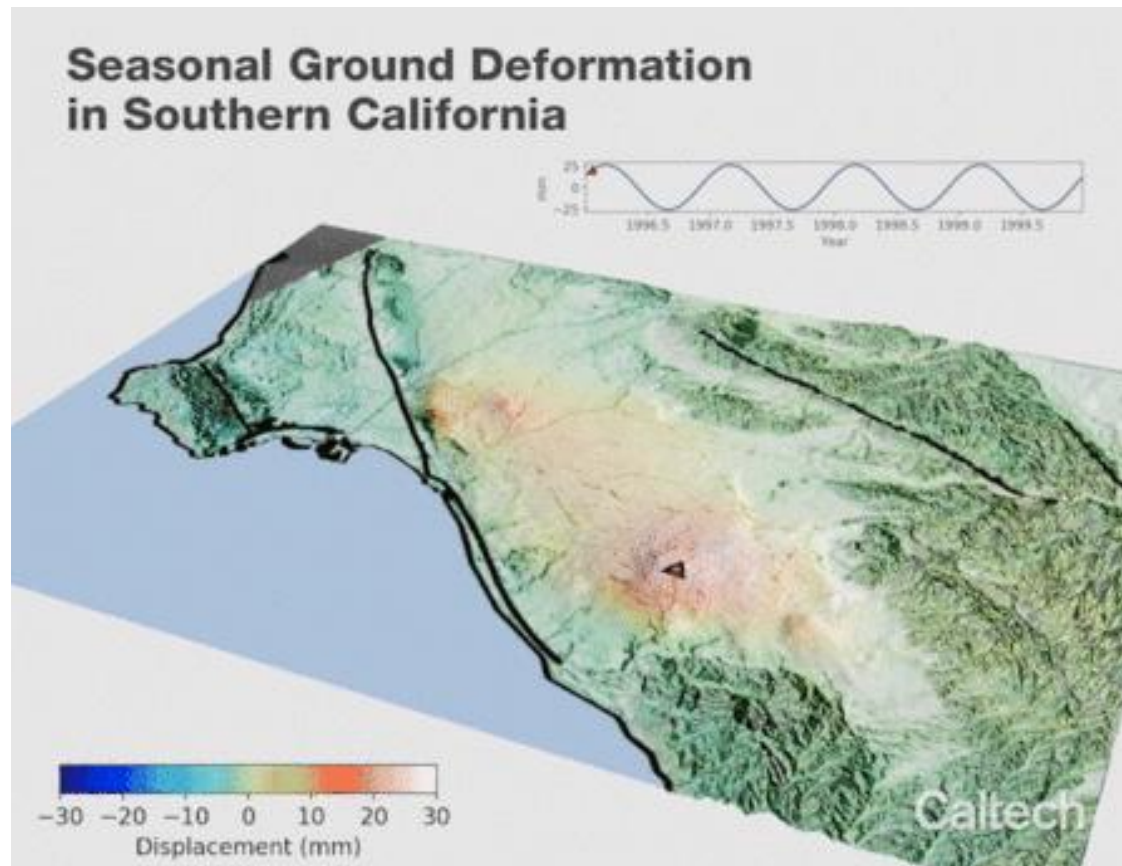


ALGUNAS IDEAS...

Geodesia y Astronomía de Posición: Conceptos,
avances y más...

Geodesia

- *Geodesia* es la ciencia de medición y mapeo de la superficie de la Tierra ⁽¹⁾.
- *Geodesia* es la disciplina que se encarga de la medición y representación de la Tierra, incluyendo su campo de gravedad, en un espacio tridimensional variante en el tiempo ⁽²⁾.



- *Geodesia* es considerada como parte de las *Geociencias* y *Ciencias de la Ingeniería* ⁽³⁾.

Fuente: Riel, B. *et al.* (2018)

(1) Helmert, F. R. (1880). Die mathematischen und physikalischen Theorien der höheren Geodäsie, Band I. Verlag Teubner, Leipzig.

(2) Vanicek, P. and Krakiwsky, E.J. (1986). *Geodesy: The Concepts*. 2nd Edition, North-Holland, Amsterdam.

(3) National Research Council, (1978). *Geodesy, Trends and Prospects*. National Academies.

Geodesia

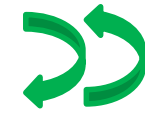
Subdivisión Geodesia (Gerke, 1972)

- Investigación científica
- Ingeniería

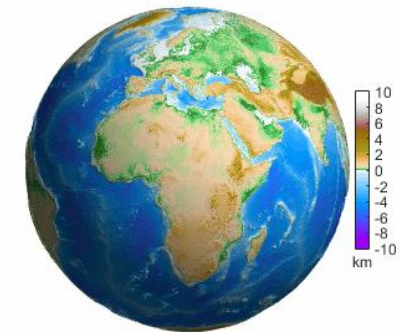


Subdivisión de Geodesia⁽⁴⁾

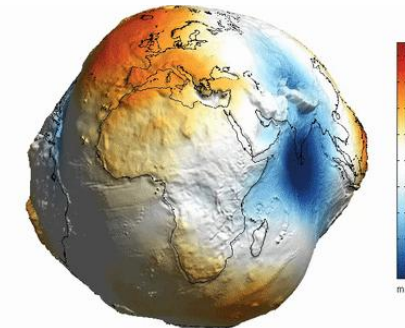
- Geodesia geométrica
- Geodesia gravimétrica (o física)



- **Geodesia geométrica⁽⁴⁾**: Determinar la figura de la Tierra y su orientación en el espacio, la cobertura topográfica y construcciones, y la posición de los límites políticos y de las propiedades.
- **Geodesia física⁽⁴⁾**: Determinar el campo de gravedad externo de la Tierra, en términos de sus potencial y anomalías, y superficies de referencias (superficies equipotenciales) derivadas para las alturas físicas de la superficie Terrestre.



Earth topography: (ETOPO2_010arcmin)



Geoid height (EGM2008, mm=500)

Fuente: www.asu.cas.cz

(4) Drewes, H. (2006). The changing objectives in geodetic research. Zeitschrift für Geodäsie, Geo-Information und Landmanagement, 131(5), 1-7.

Geodesia

Geodesia ⁽⁵⁾:

- Geodesia global
- Levantamientos geodésicos (nacional o continental)
- Levantamientos topográficos (regional o local)

- **Geodesia Global:**

Determinación de la *forma y tamaño de la Tierra*, su *orientación en el espacio* y su *campo de gravedad* externo.

- **Levantamientos geodésicos:**

Determinar la *figura de la Tierra* y su *campo de gravedad* en grandes extensiones (país o continente), dónde se tiene en cuenta la curvatura de la Tierra y el campo de gravedad.

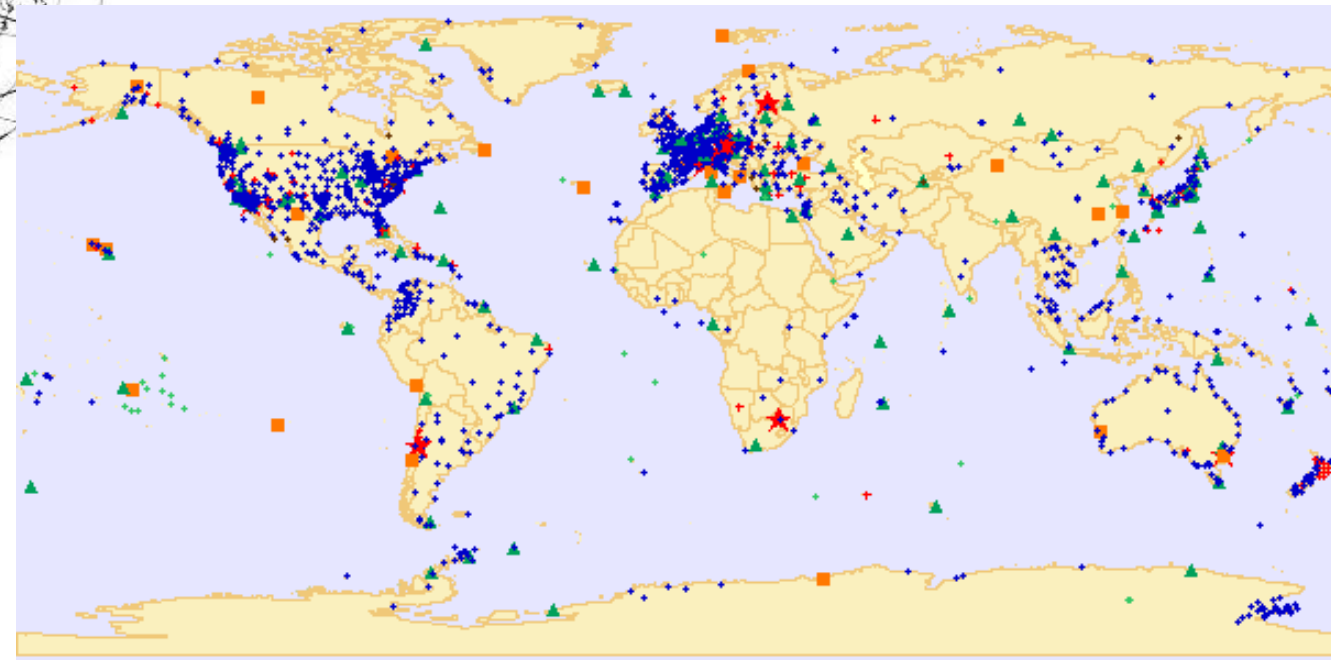
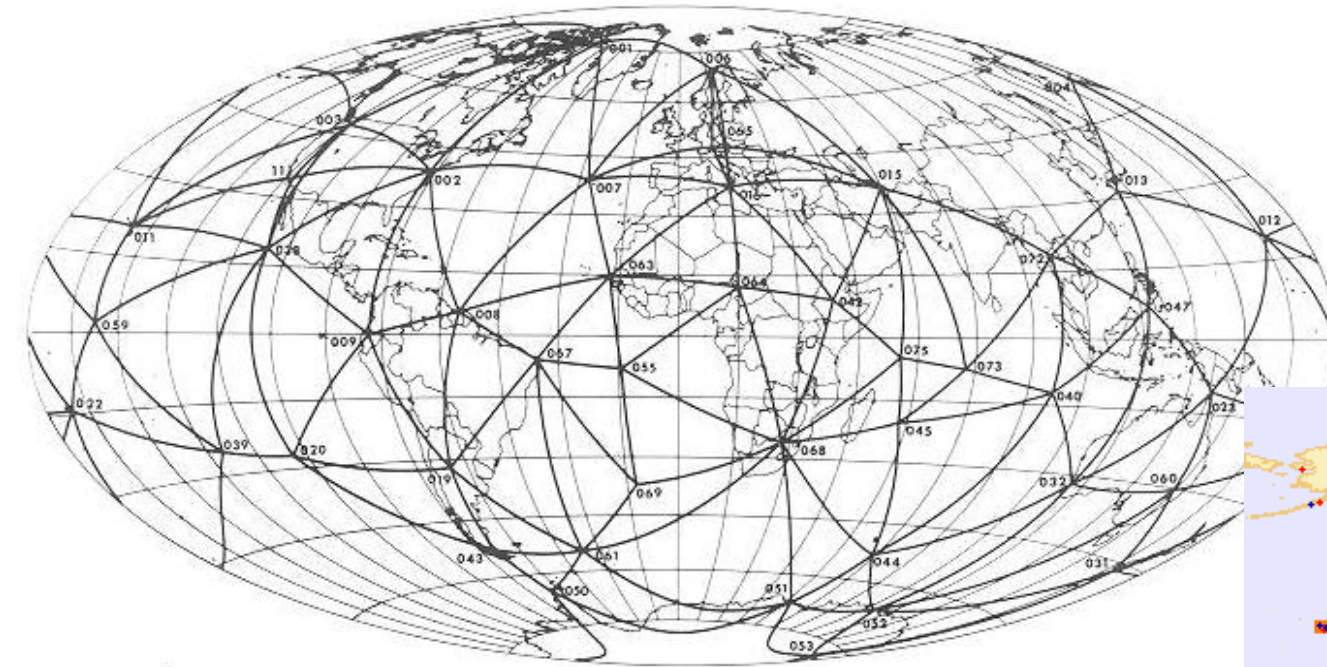
- **Levantamientos topográficos:**

Levantamientos de los *detalles de la superficie de la Tierra* a nivel local con fines *catastrales y de ingeniería* dónde, generalmente, los efectos de la curvatura de la Tierra y el campo de gravedad no son considerados.

Geodesia

Geodesia (5):

- Geodesia global
- Levantamientos geodésicos (nacional o continental)
- Levantamientos topográficos (regional o local)



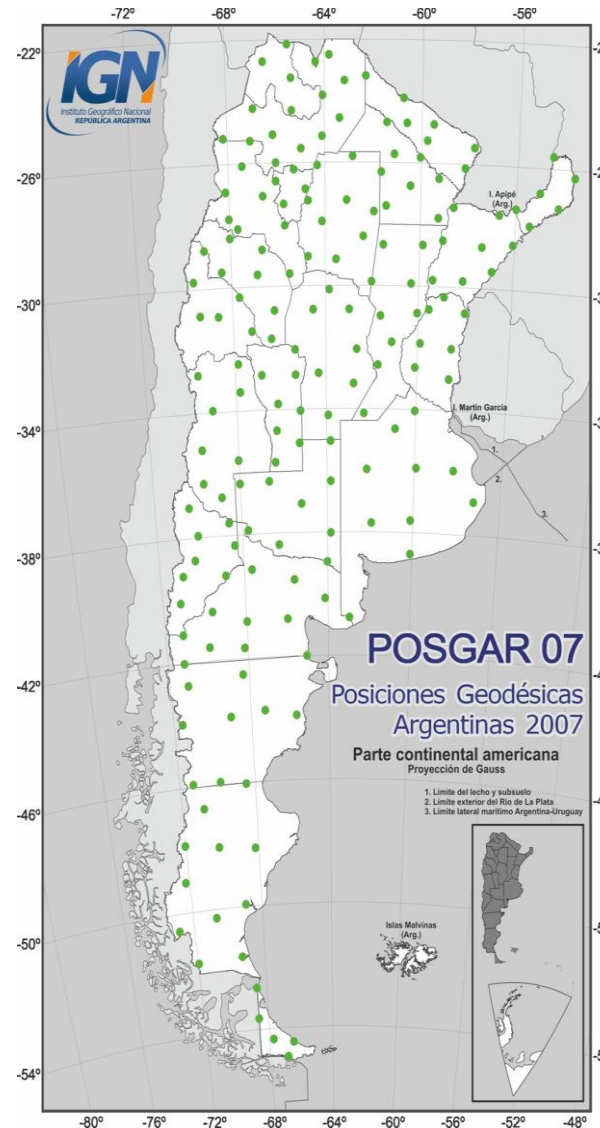
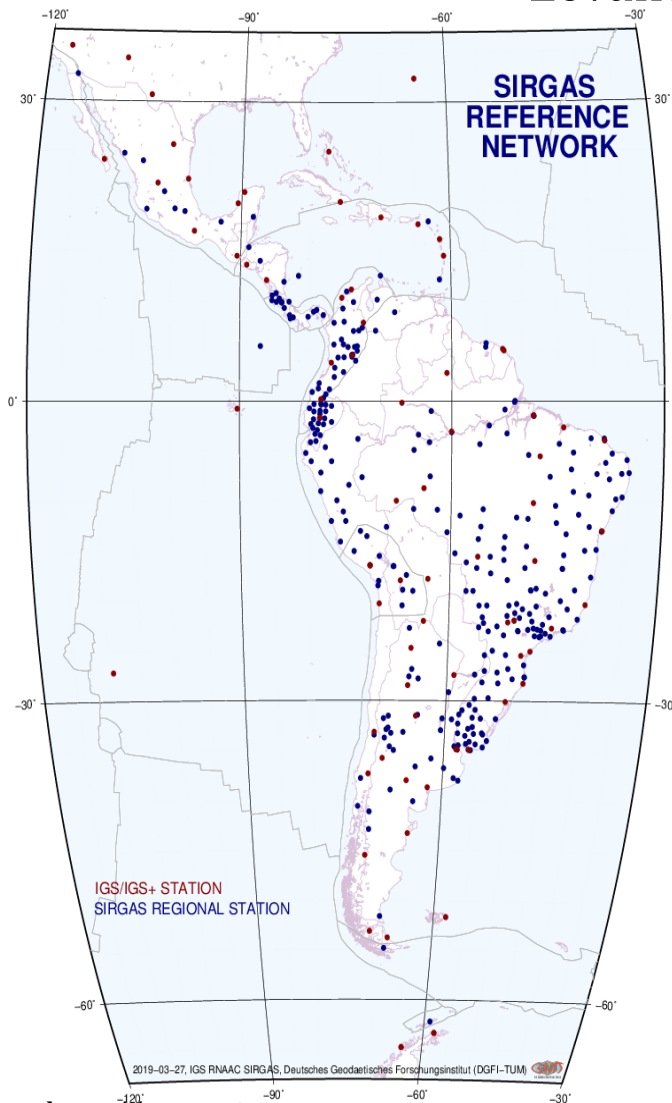
Fuente: Schmid, H. H.: Worldwide geometric satellite triangulation, J. Geophys. Res., 79, 5349–5376, 1974.

Fuente: <http://itrf.ensg.ign.fr/>

Geodesia

Geodesia (5):

- Geodesia global
- **Levantamientos geodésicos (nacional o continental)**
- Levantamientos topográficos (regional o local)



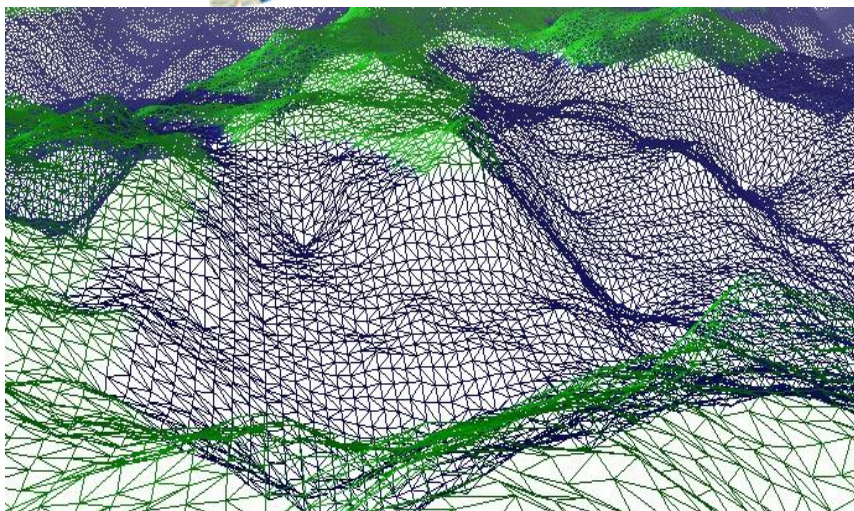
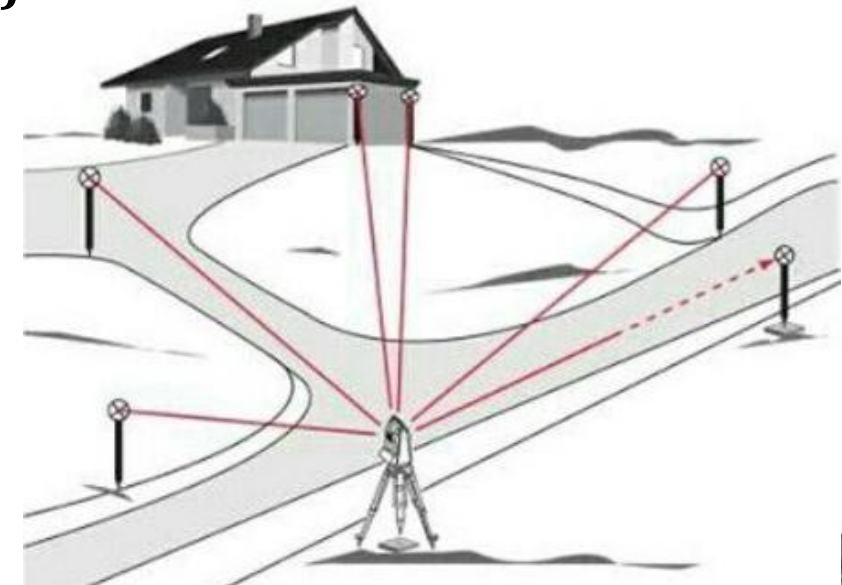
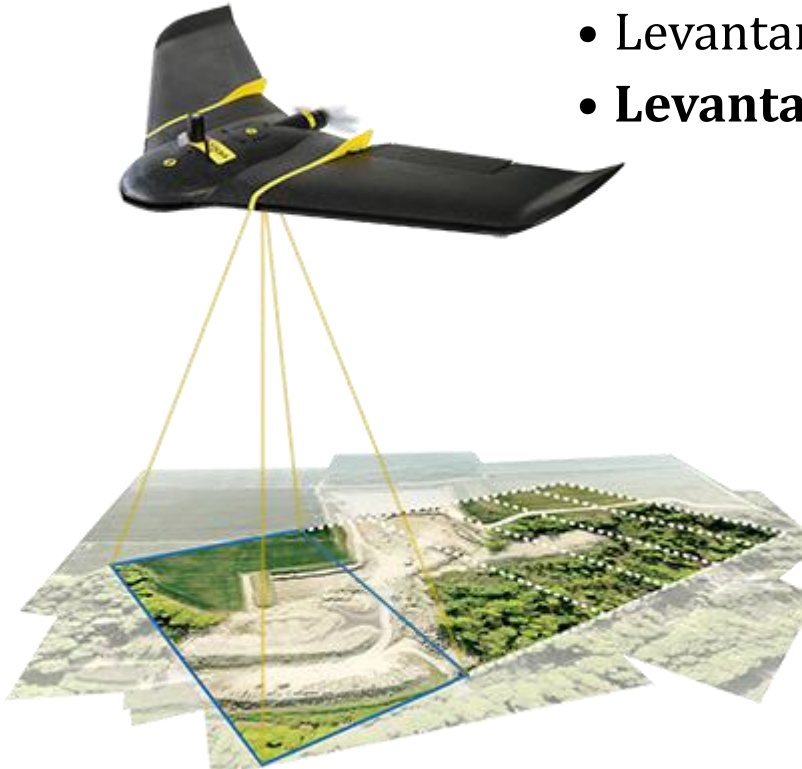
Fuente: <http://www.sirgas.org>

Fuente: www.ign.gob.ar

Geodesia

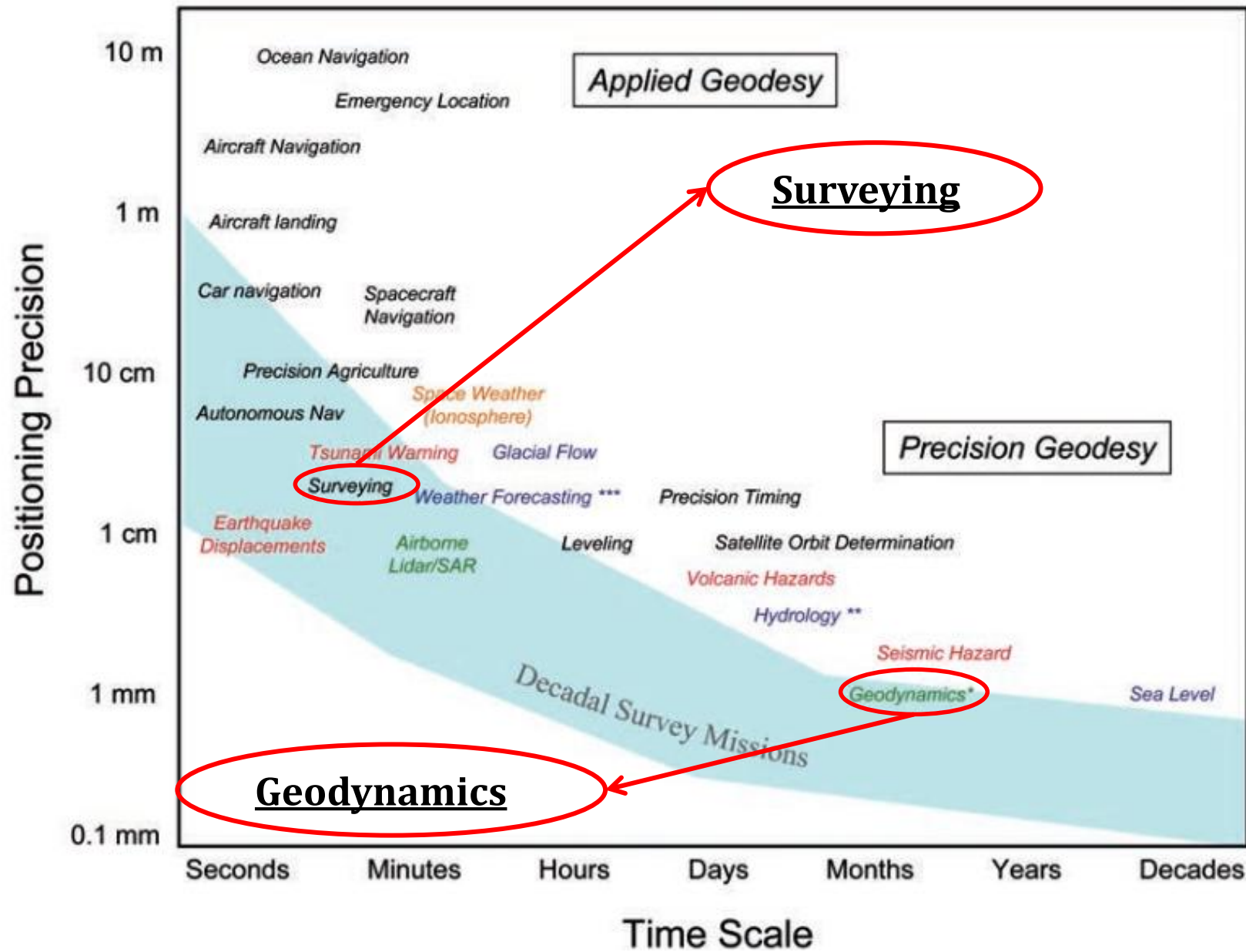
Geodesia (5):

- Geodesia global
- Levantamientos geodésicos (nacional o continental)
- **Levantamientos topográficos (regional o local)**



Geodesia

Aplicaciones Geodésicas ⁽⁹⁾:



Geodesia y Astronomía de Posición

Astronomía de posición (o geodésica)^(6,7)

Es el arte y ciencia de determinar, mediante **observaciones astronómicas**, la **posición de puntos (estaciones) en la Tierra y el azimut** de líneas que conectan dichos puntos utilizando los conceptos y principios básicos de **astronomía esférica**.

Casos de usos:

- Dar valores de coordenadas de partida para el punto inicial de una triangulación/poligonales, determinación de la posición geográfica de la triangulación;
- Determinación de azimutes para controlar y asegurar la orientación de las triangulaciones/poligonales, y aumentan la exactitud de la determinación de las coordenadas;
- Permiten determinar coordenadas como *puntos de apoyo* para levantamientos topográficos;
- Las determinaciones astronómicas en conjunto con las mediciones geodésicas permiten determinar las inclinaciones de las líneas verticales posibilitando estudiar el geoide;
- Las determinaciones de latitud y longitud de los puntos de triangulaciones son una parte constitutiva importante para las *mediciones de grado*, que tienen como objetivo la determinación de las dimensiones y forma de la Tierra.

(6) Thomson, D. B. (1981). *Introduction to geodetic Astronomy*. Department of Surveying Engineering. University of New Brunswick.

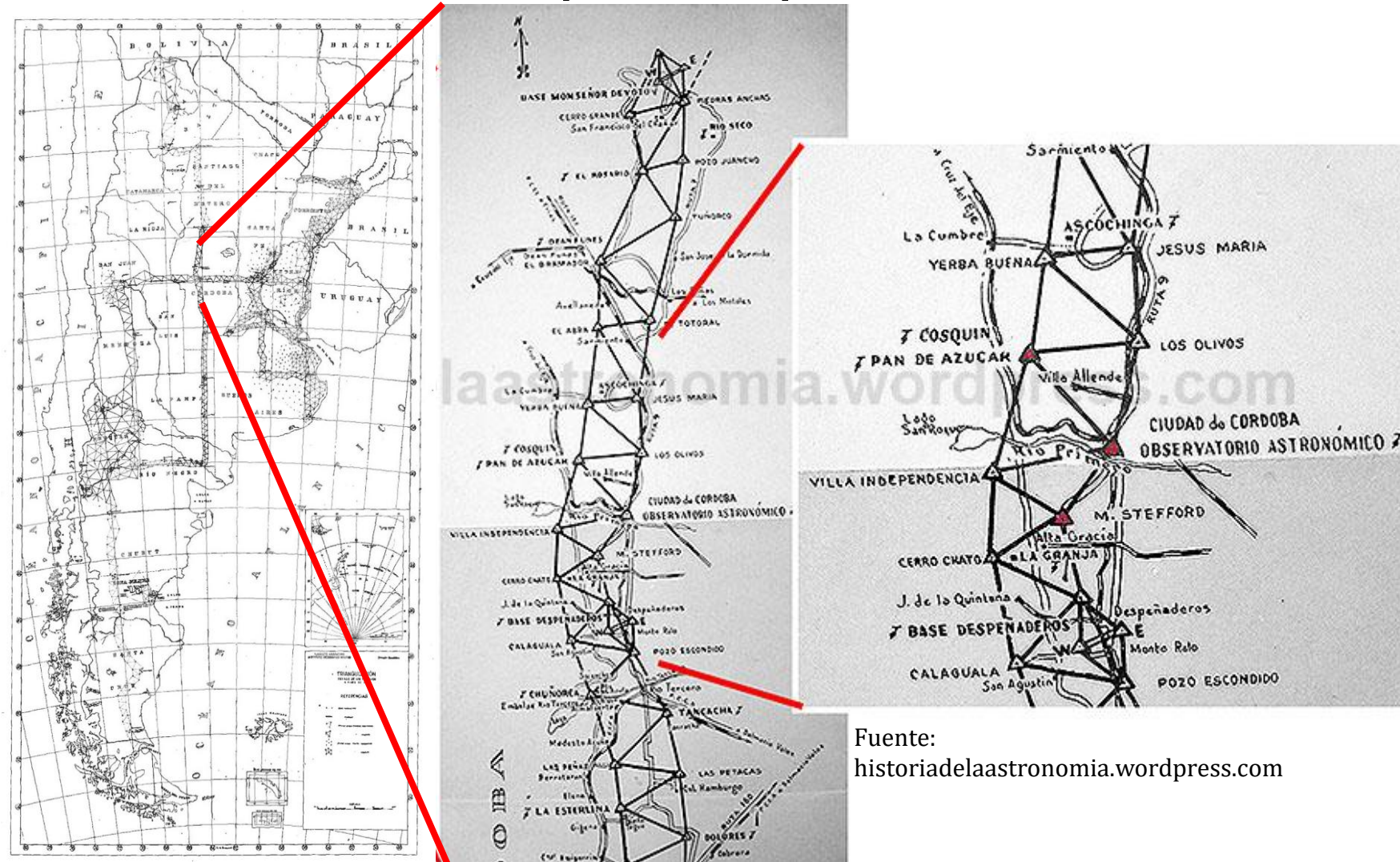
(7) Zakatov, P.S. (1981). *Curso de Geodesia Superior*. Editorial MIR. Moscú, Rusia.

Geodesia y Astronomía de Posición

Triangulaciones Geodésicas (Redes geodésicas)⁽⁸⁾

- *Consistida por una serie de triángulos, cuyos vértices son puntos convenientemente elegidos sobre el terreno, unidos entre si por visuales que los enlazan.*

- Cubre de manera uniforme una región extensa.
- Determinación directa de la longitud de un lado de los triángulos.
- Medidas de valores angulares.
- Observaciones afectados por errores.
- Compensación de la red.

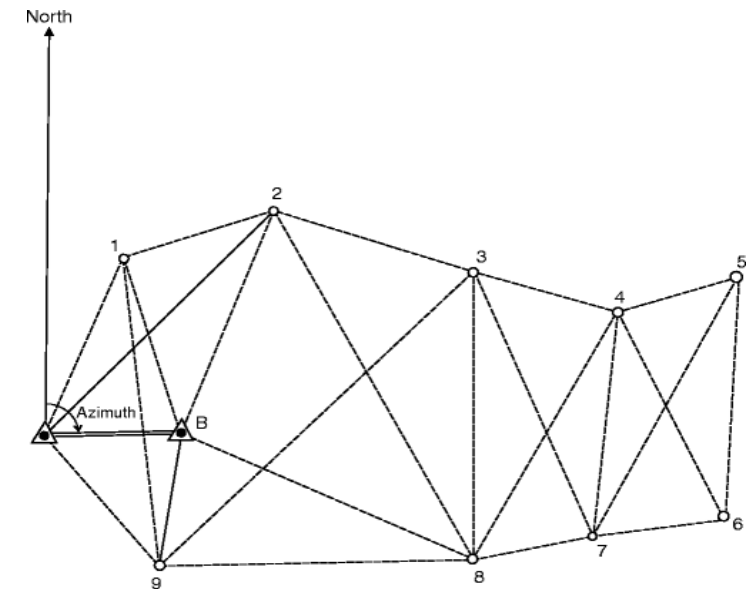
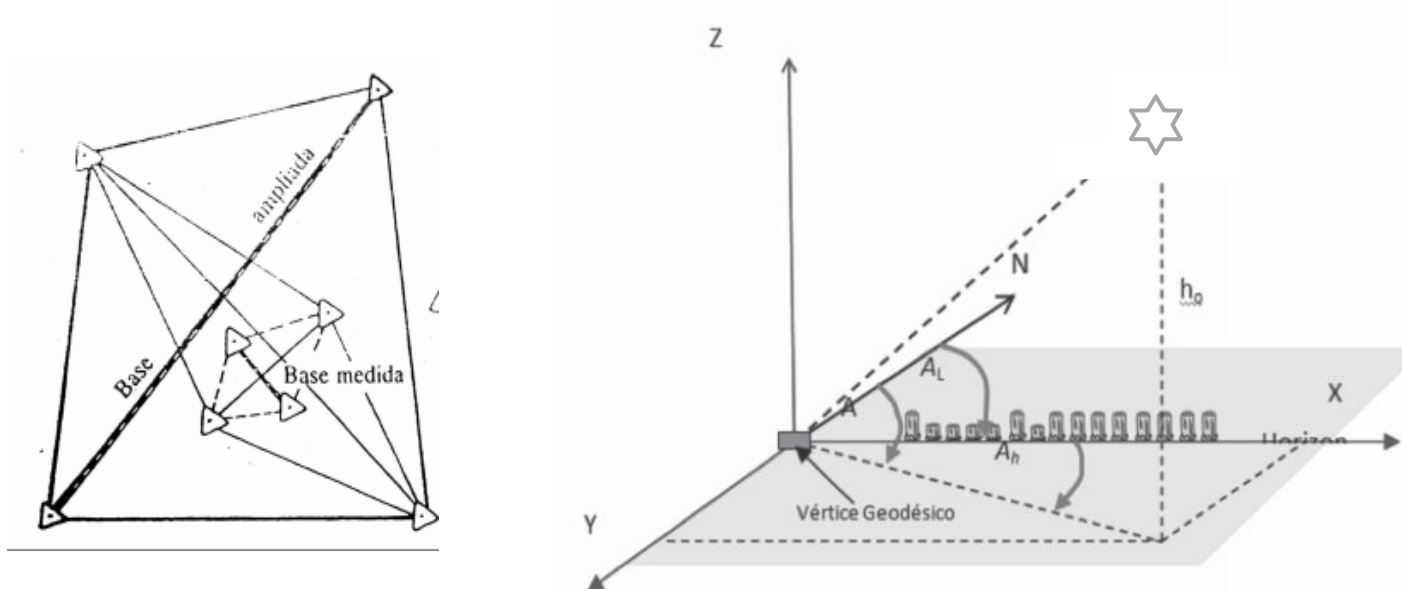
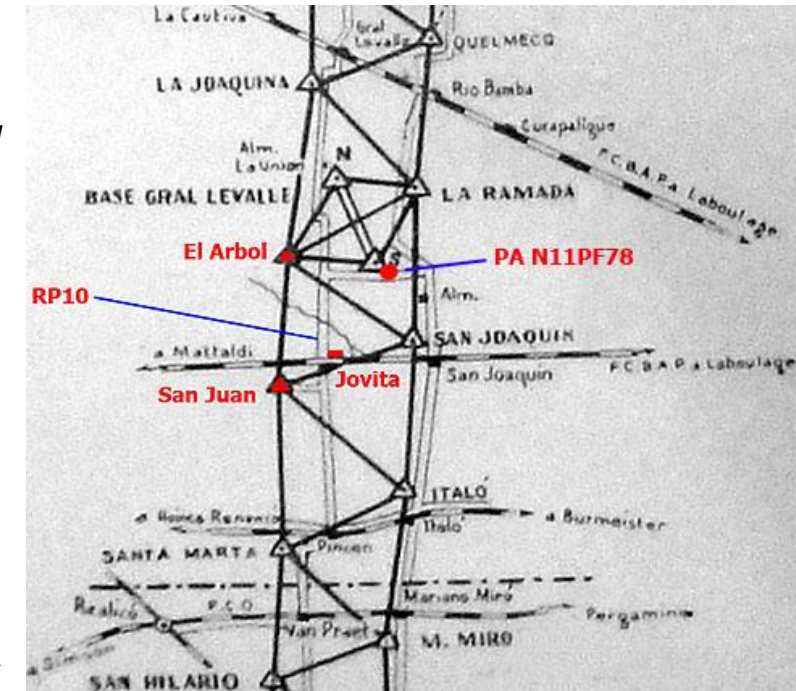


Fuente:
historiadelaastronomia.wordpress.com

Geodesia y Astronomía de Posición

Operaciones en la observación de una red geodésica⁽⁸⁾

- **Punto astronomico fundamental:** *determinaciones de las coordenadas del vértice.*
- **Puntos Laplace:** *determinación de coordenadas de control.*
- **Medidas de bases:** *medición de una base mediante el traslado de una cierta unidad patrón. Luego, se realizaron mediciones directas de distancias (EDM).*
 - *Bases medidas de 10 km a base ampliada o lado de triangulación.*
 - *Lados de triangulaciones de 40 a 60 km.*
- **Observaciones acimutales:** *determinación de valores angulares horizontales. Y, además, observaciones de distancias cenitales (nivelación trigonométrica/nivelación geodésica).*



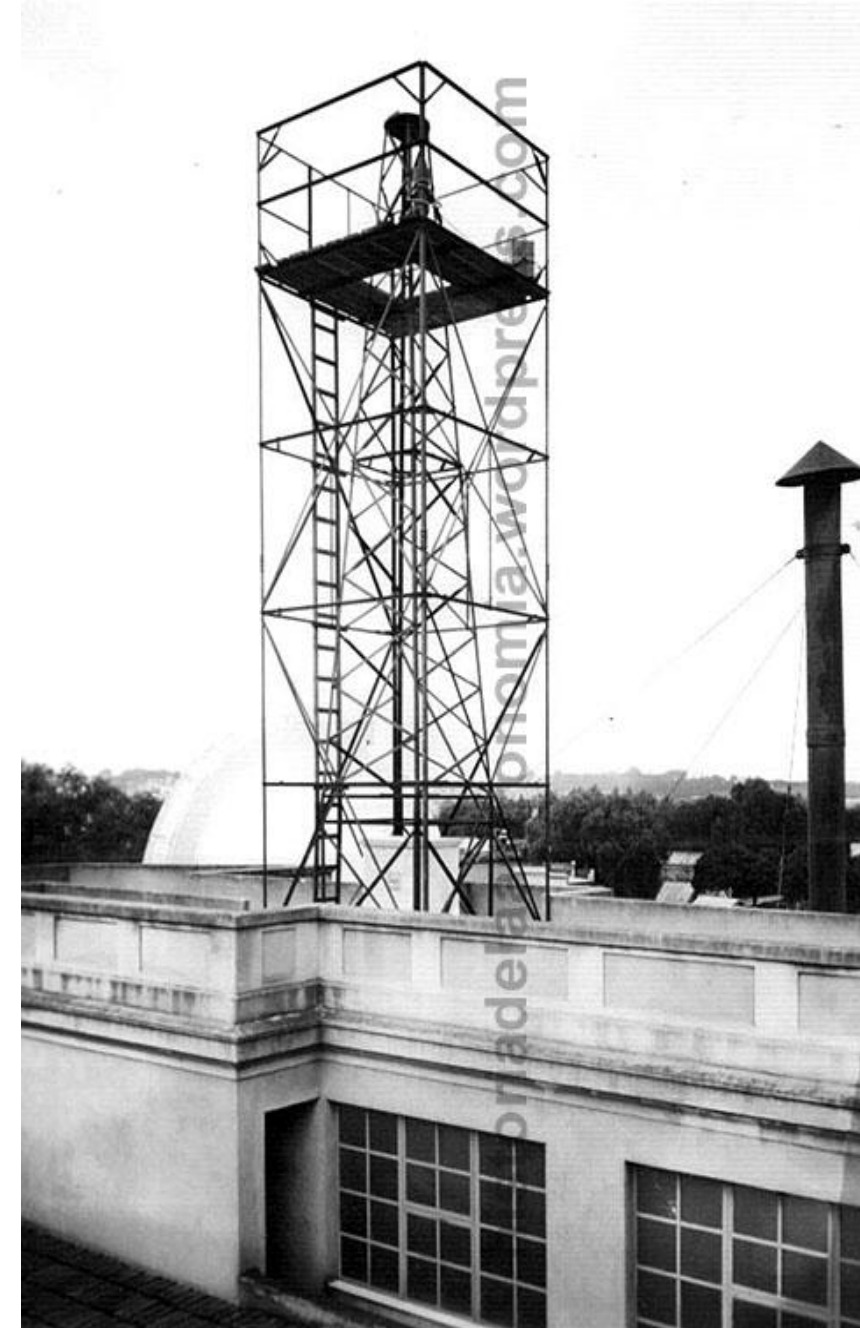
(8) Martín Asín, F. (1983). Geodesia y cartografía matemática. Madrid, Paraninfo.

Geodesia y Astronomía de Posición

- **Punto fundamental astronómico⁽⁸⁾:** vértice de la red de triangulaciones en el que, por **determinación astronómica**, se obtienen las coordenadas del punto y el acimut de uno de los lados de la red.
- **Puntos Laplace⁽⁸⁾:** determinación, por observación directa, de coordenadas de un punto y acimut de una dirección, fundamental para el control y la compensación de la red astro-geodésica.



Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration



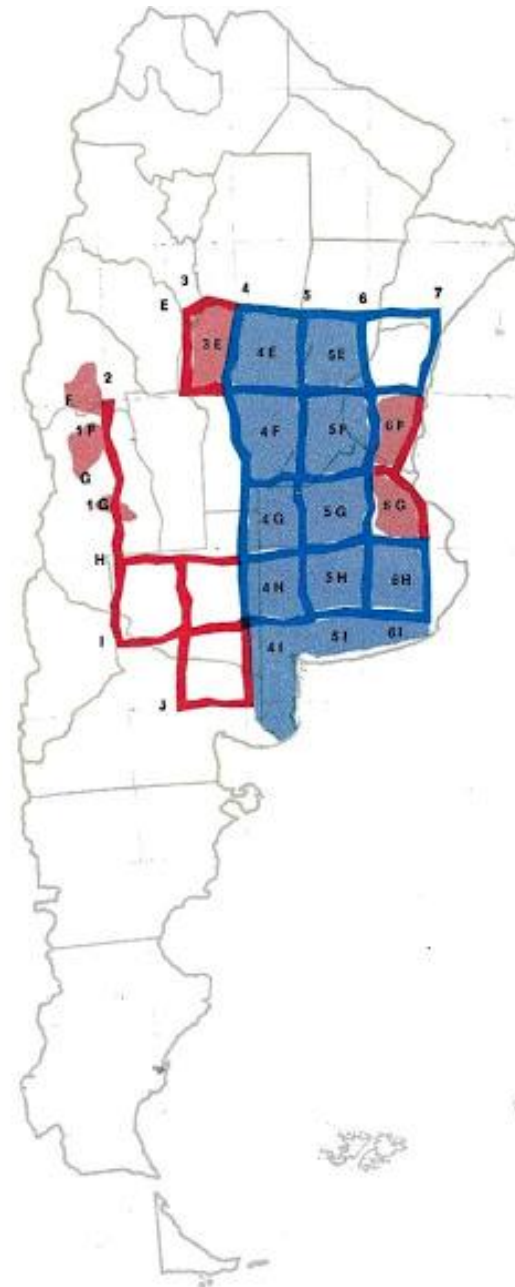
Fuente: historiadelaastronomia.wordpress.com

(8) Martín Asín, F. (1983). Geodesia y cartografía matemática. Madrid, Paraninfo.

Geodesia y Astronomía de Posición



Fuente: René Zepeda G.; Diego Ortiz J.



Fuente: www.ign.gob.ar

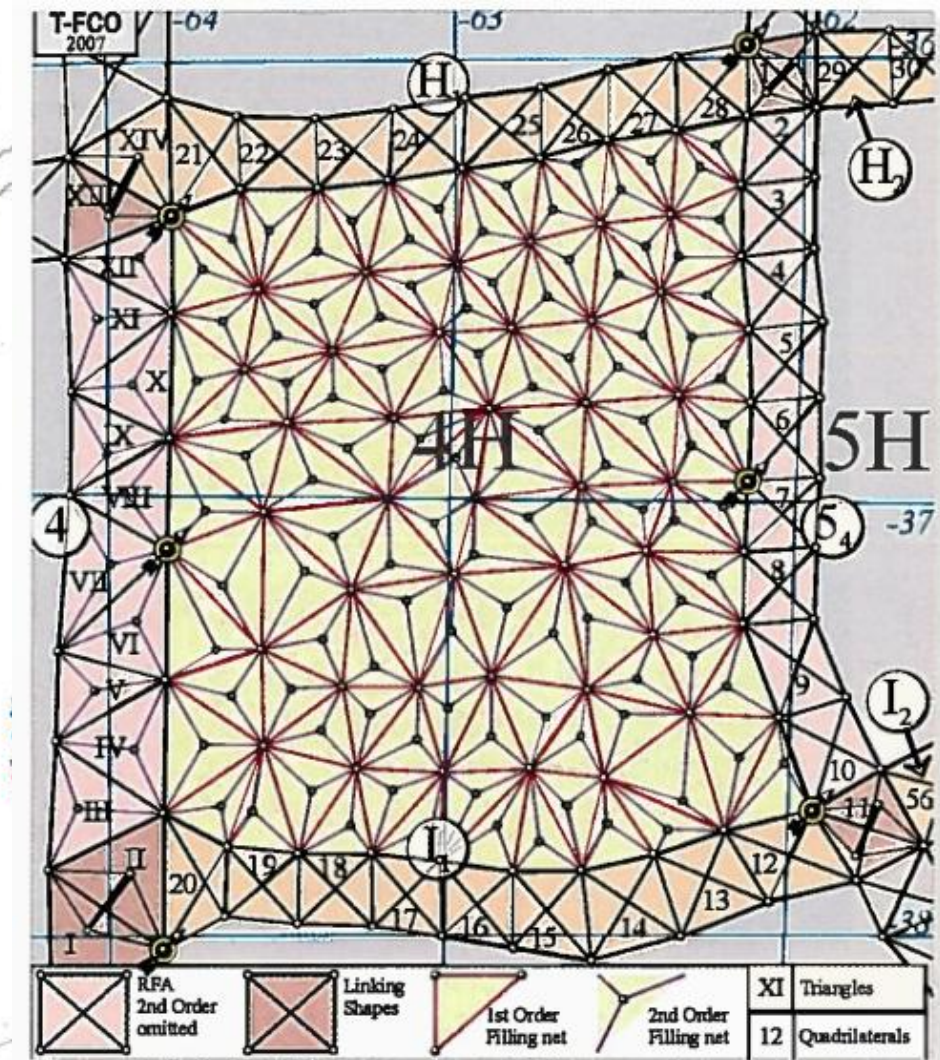


Figure 1. Unit 4H of Argentina's geodesic network.

Fuente: A. H. J. Christensen. Triangulation adjustments in Buenos Aires, ACSM Bulletin.

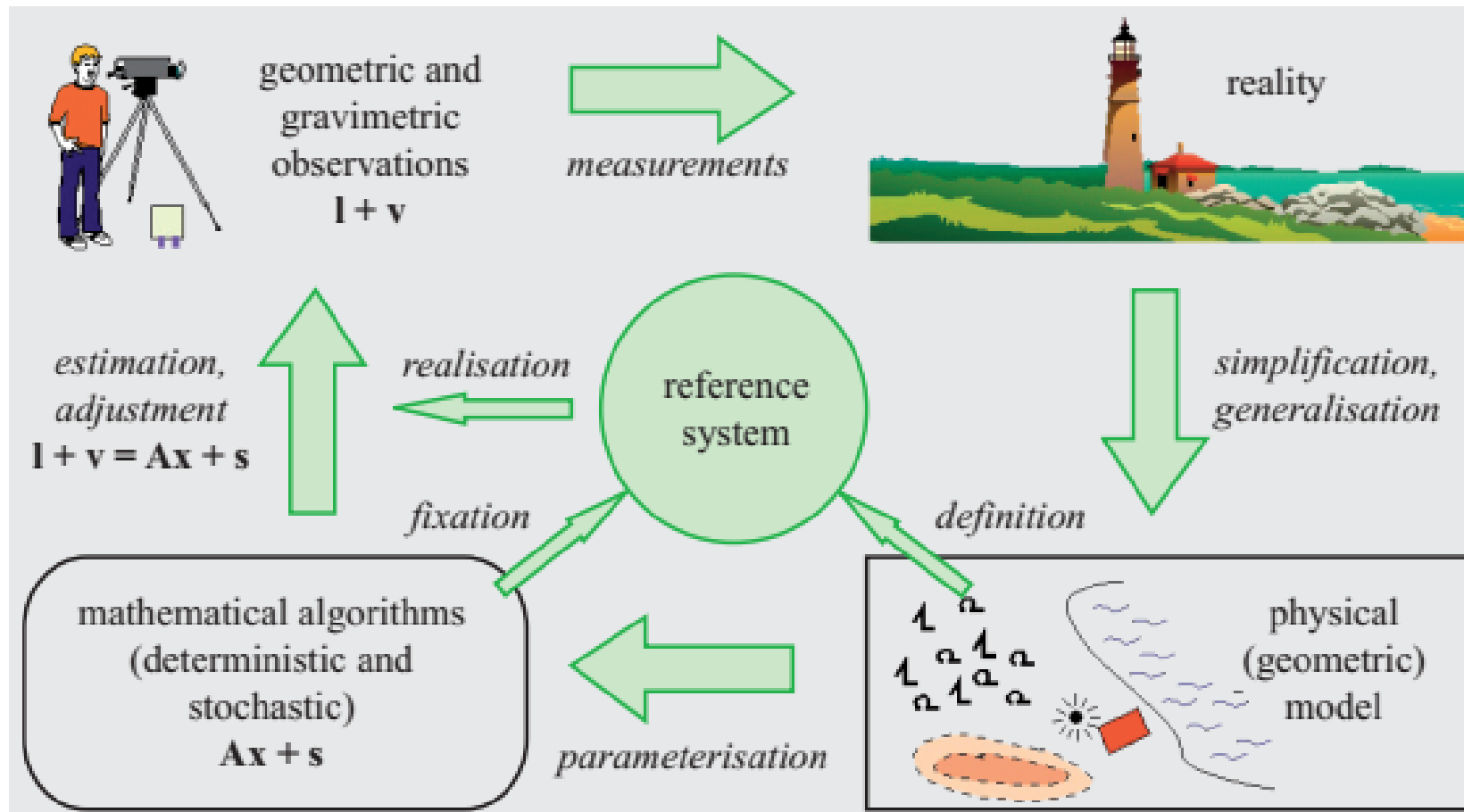
FIGURA N° 20

Geodesia

Problema de la Geodesia^(4,5):

Determinar la figura y el campo de gravedad externo de la Tierra y de otros cuerpos celestes en función del tiempo, a partir de observaciones sobre y en el exterior de la superficie de estos cuerpos.

- Objetivos de Geodesia Clásica y sus subdivisiones (Geodesia Global, Levantamientos Geodésicos, Levantamientos Topográficos)



(4) Drewes, H. (2006). The changing objectives in geodetic research. *Zeitschrift für Geodäsie, Geo-Information und Landmanagement*, 131(5), 1-7.

(5) Torge, W., & Müller, J. (2012). *Geodesy*. Walter de Gruyter.

La nueva Era de la Geodesia

- **Mediciones del tiempo extremadamente precisas** ⁽⁴⁾

Actualmente, todas las observaciones derivan de la medición del *tiempo de propagación de ondas electromagnéticas*, tanto para la geometría como para la gravimetría ⁽⁵⁾.



- **Desarrollo espacial** ⁽⁴⁾

Posibilitó las mediciones desde la Tierra a la luna y a satélites artificiales como así también, desde satélites a la Tierra y a otros satélites ⁽⁵⁾.



- **Incremento de las capacidades computacionales** ⁽⁴⁾

Permitió nuevos enfoques matemáticos a los análisis y evaluaciones de enormes cantidades de datos ⁽⁵⁾.



⁽⁴⁾ Drewes, H. (2006). The changing objectives in geodetic research. Zeitschrift für Geodäsie, Geo-Information und Landmanagement, 131(5), 1-7.

La nueva Era de la Geodesia

- Altas precisiones en las observaciones
- Técnicas espaciales
- Procesamiento de enormes cantidades de datos



Objetivos clásicos de la Geodesia y sus variaciones en el tiempo



Determinados con alta resolución temporal y espacial

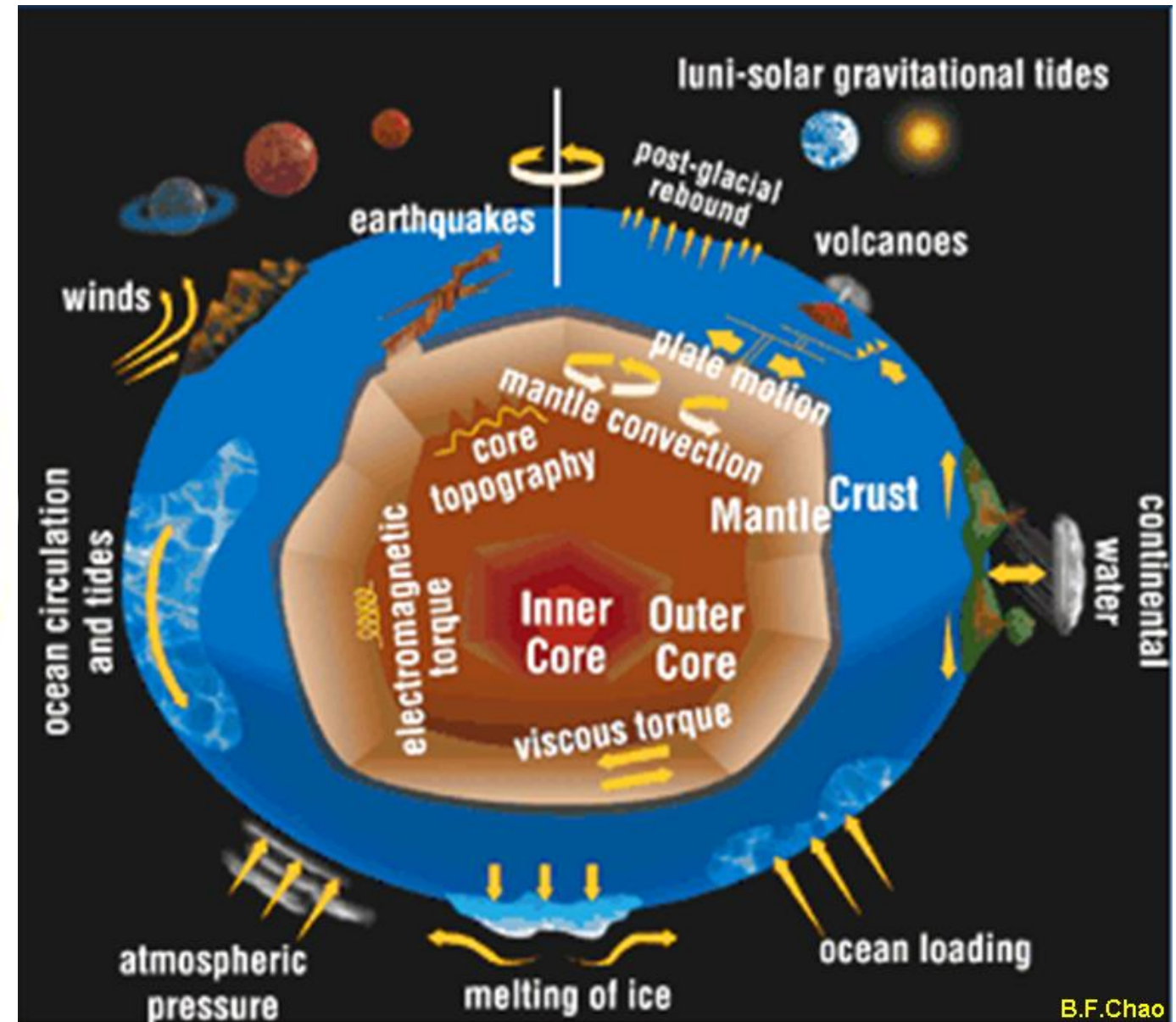
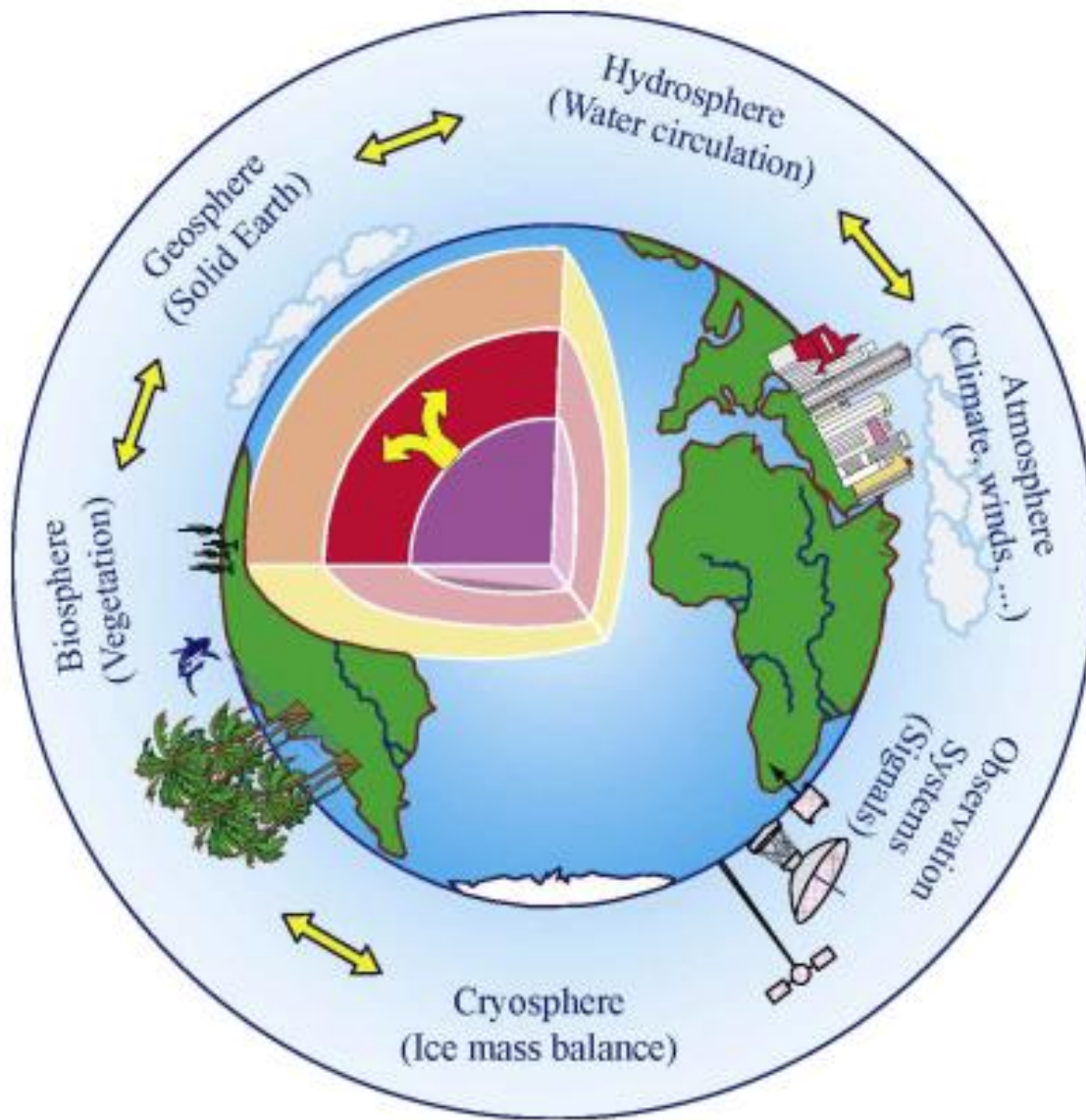


Expansión de los objetivos de la Geodesia



“Medición y análisis de los fenómenos y efectos de procesos físicos en el Sistema Tierra” (4)

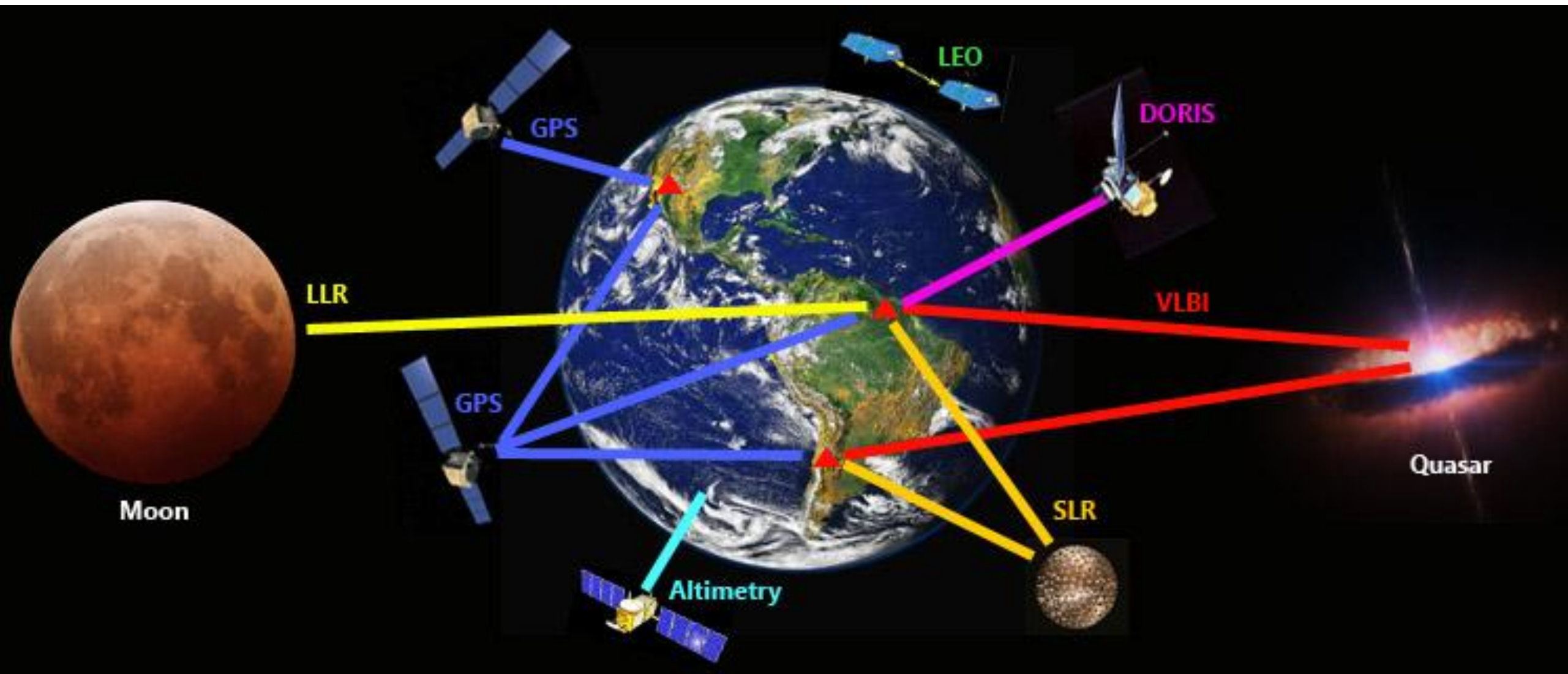
Sistema Tierra



B.F.Chao

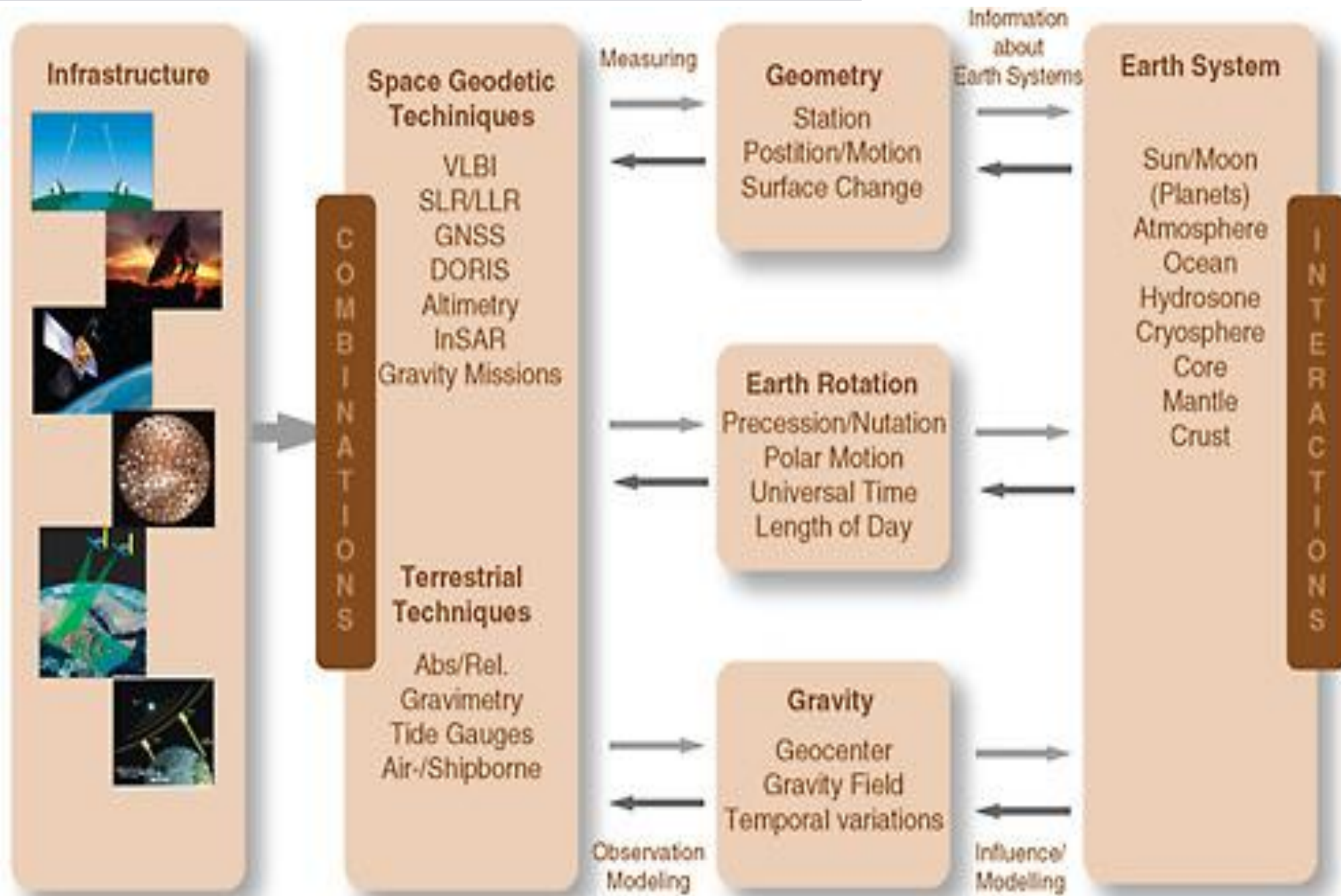
Fuente: <https://connect.agu.org/geodesy>

Infraestructura Geodésica Precisa⁽⁵⁾



Fuente: <https://www.iag-iag.org>

Infraestructura Geodésica Precisa⁽⁵⁾



Infraestructura Geodésica Precisa⁽⁵⁾

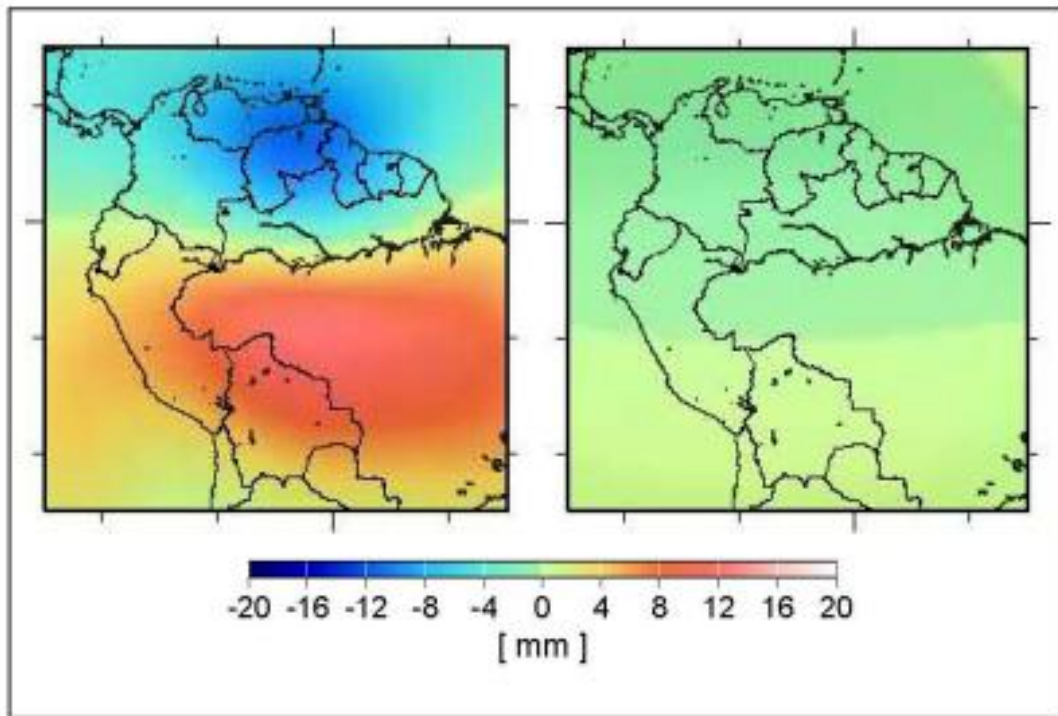


Fig. 4: Geoid variations in northern South America from begin of March (left) to end of September 2003 (right) from GRACE observations (Schmidt et al. 2006)

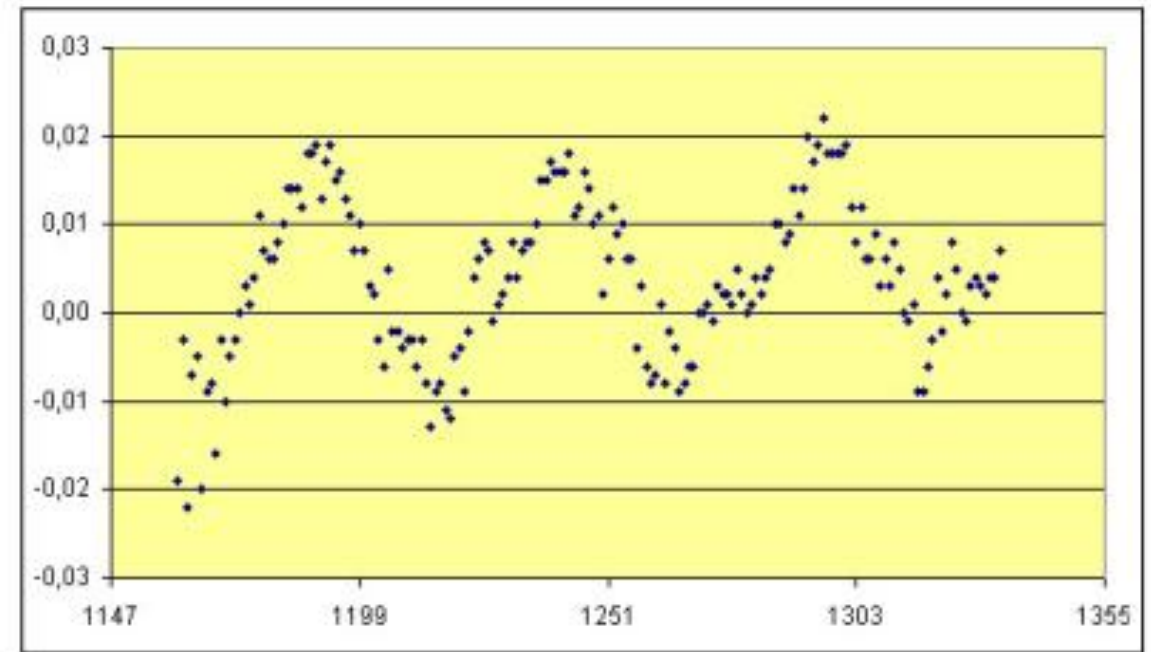


Fig. 5: Height variations of GPS station Brasilia (BRAZ) from GPS week 1161, April 2002, to 1337, August 2005 (Seemüller et al. 2005)

Infraestructura Geodésica Precisa

Parameters	GNSS	VLBI	DORIS	SLR	LLR	Altimetry	InSAR/ LiDAR	Gravimetry
ICRF		√						
ITRF	√	√	√	√	√	(√)	(√)	(√)
Polar Motion	√	√	√	√	√			(√)
Nutation	(√)	√		(√)	√			
UT1		√						
Length of Day	√	√	√	√	√			(√)
Geocenter	√		√	√		(√)		√
Gravity Field	√	√	√	√	(√)	√		√
Plate motion	√	√	√	√	(√)	(√)	√	√
LEO orbits	√	√	√	√	√	√		
Navigation/Orbit	√	√	√	√	√	√		
Timing & Clock	√	√		(√)				
Ionosphere	√	√	√			√	√	
Troposphere	√	√	√			√	√	
Hydrology	√					√	√	√
Oceans	√					√	√	√

VLBI es la técnica de medición más **precisa** (1 mm y 0.1 mm/y) para la **determinación de la posición de los quásares y los parámetros de rotación de la Tierra**, lo cual es necesario para el establecimiento del **ICRF** y la **orientación de los marcos de referencia terrestre globales** ⁽⁶⁾. Permite monitorear el movimiento de placas, la deformación de la corteza, el movimiento de los polos y la longitud del día.

(10) Jin, S. & van Dam, T., (2013). *Observing and understanding the Earth system variations from space geodesy*. Journal of Geodynamics, 72, 1-10.