

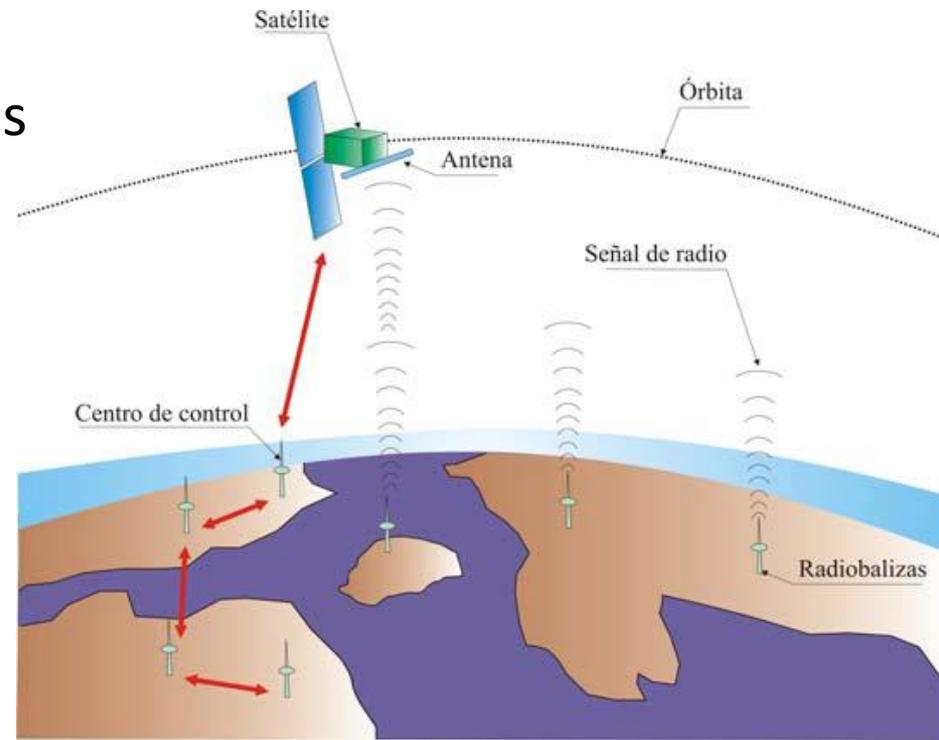
TÉCNICAS GEODÉSICAS

IA - UDELAR

DORIS

(Orbitografía por Radioposicionamiento Doppler Integrado por Satélite)

- Sistema francés (CNES) para la determinación precisa de orbitas y posiciones terrestres
- Red de radiobalizas terrestres
- Satélites (antenas)
- Centro de control
- Aplicaciones:
 - orbitas, altimetría, variaciones verticales estacionales del suelo

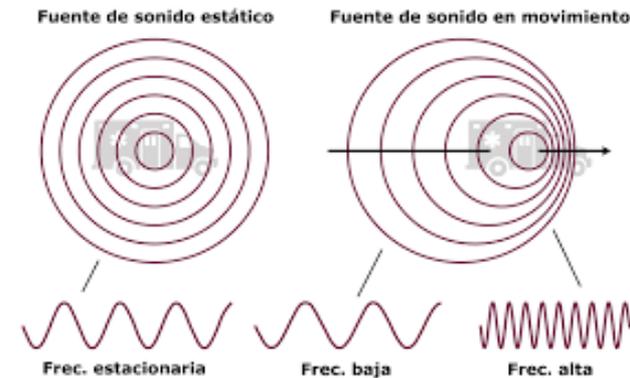


Tomas et al. 2005



DORIS- Efecto Doppler

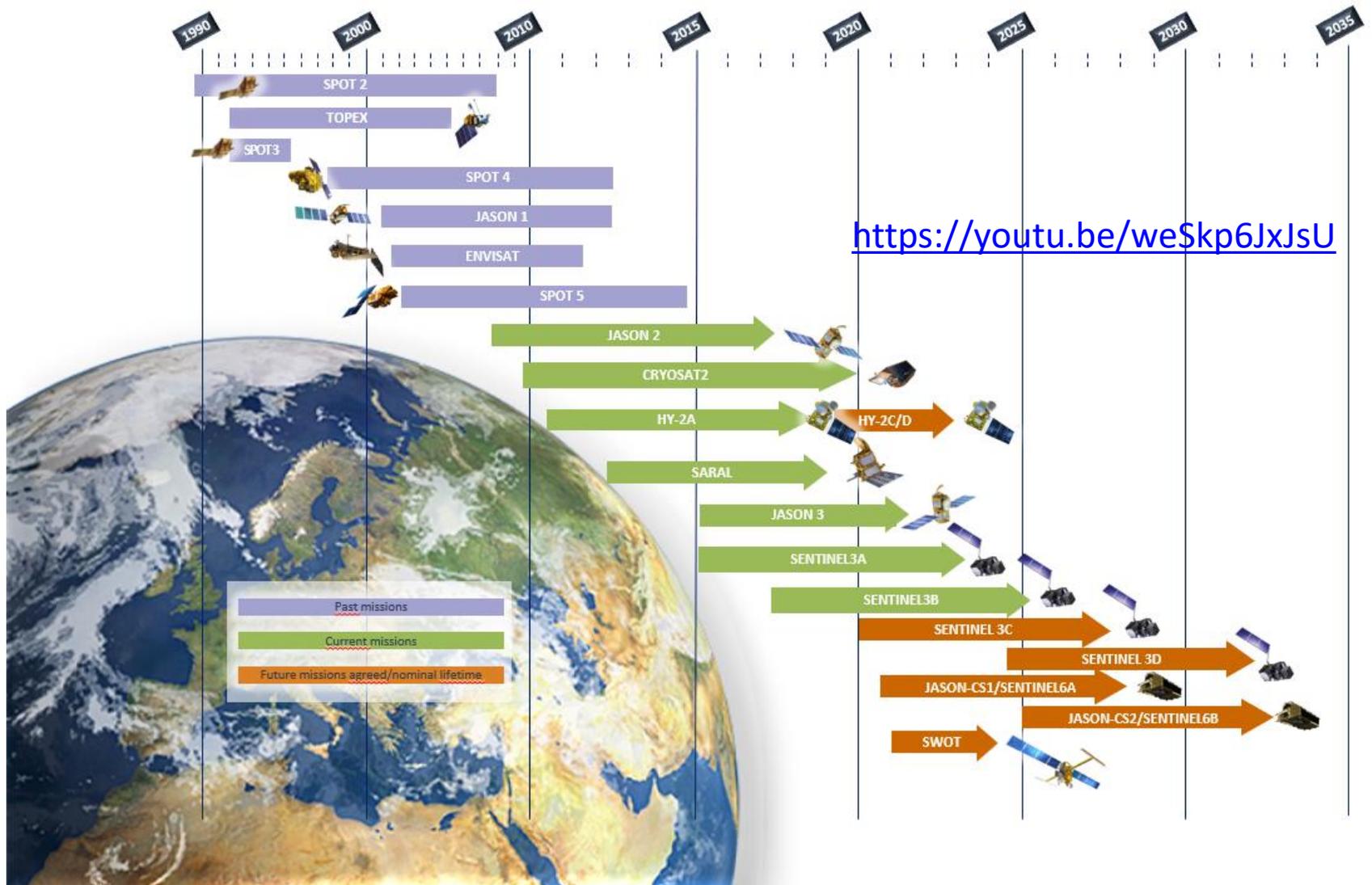
- Emite dos frecuencias: 2000 MHz (doppler) - 400 MHz (ionósfera)
- Cuando el satélite se acerca, frecuencia mayor
- TCA, frecuencia igual a la transmitida
- Cuando el satélite se aleja, frecuencia menor



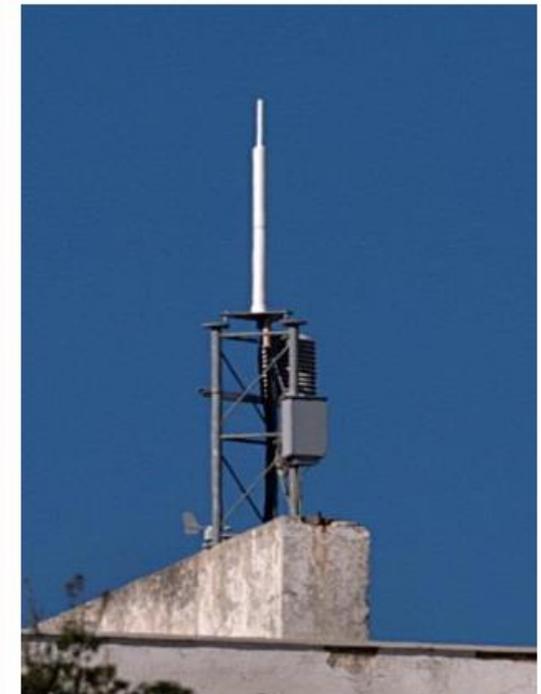
Tiempo Aproximación más Cercano



DORIS - Constelación



DORIS - Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite

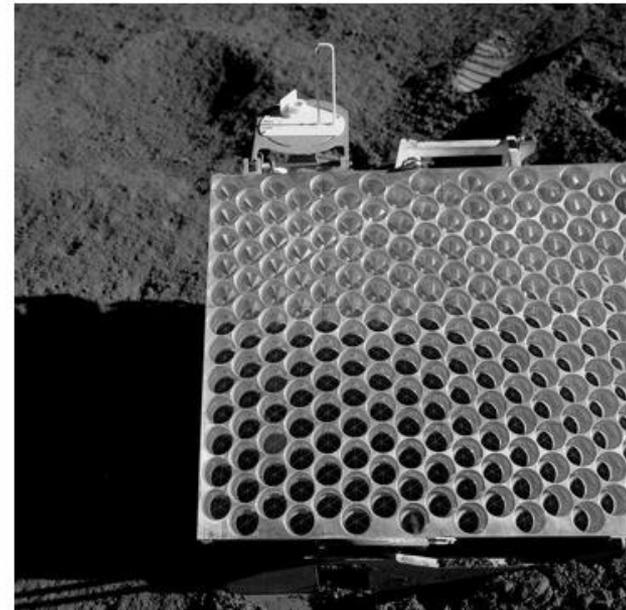
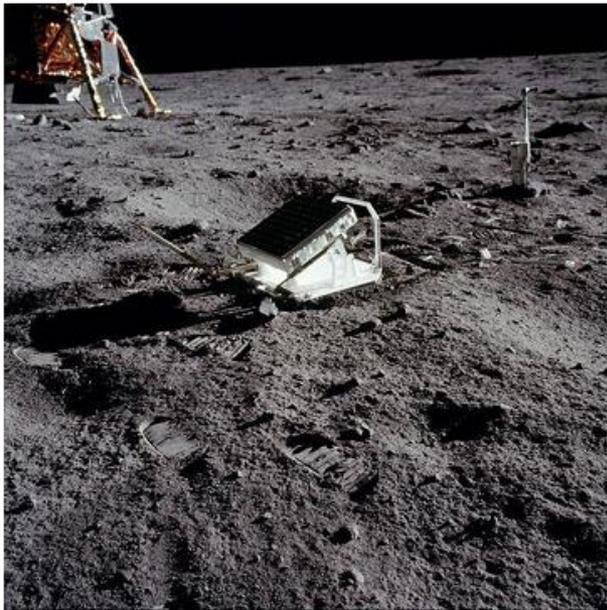


DISTRIBUCIÓN HOMOGÉNEA

LLR - Lunar LASER Ranging

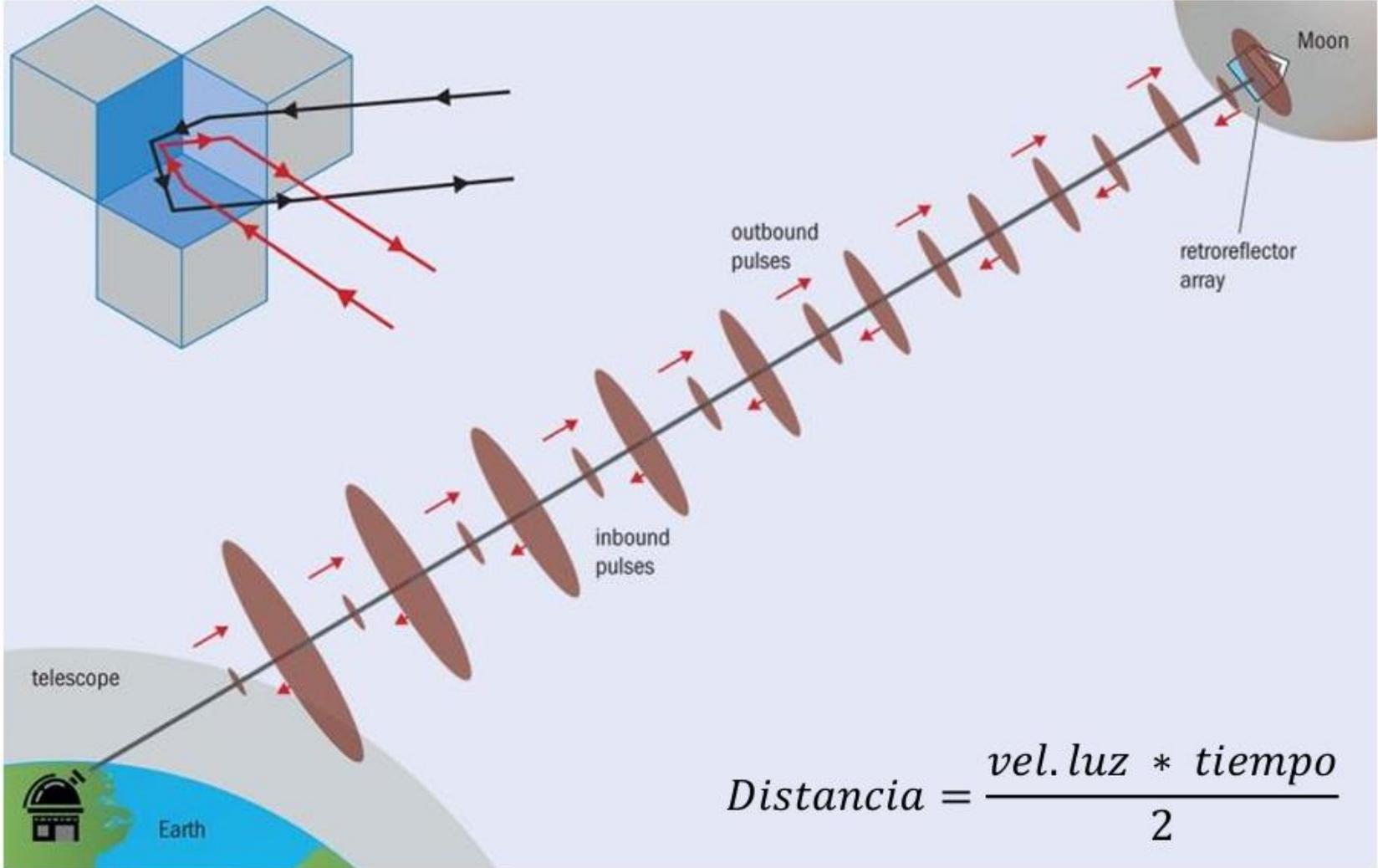
Telemetría LASER sobre la Luna

- Mide distancia entre la Tierra y la Luna
- Retroreflectores colocados en las misiones Apolo y Lunokhod



<http://lunarnetworks.blogspot.com/2013/11/lunar-laser-ranging-millimeter-challenge.html>

LLR - Lunar LASER Ranging

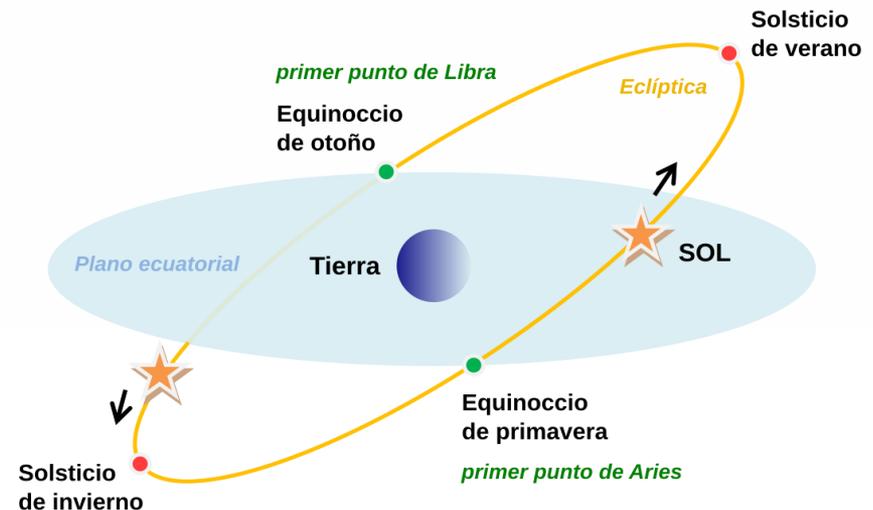


LLR - Lunar LASER Ranging

Se determinan:

- Distancia Tierra-Luna,
- Órbita lunar,
- Parámetros de orientación Tierra-Luna con respecto al Sol,
- Oblicuidad de la eclíptica,
- Materialización del sistema de referencia aunque con errores de varios centímetros....

↓
Sistema más impreciso



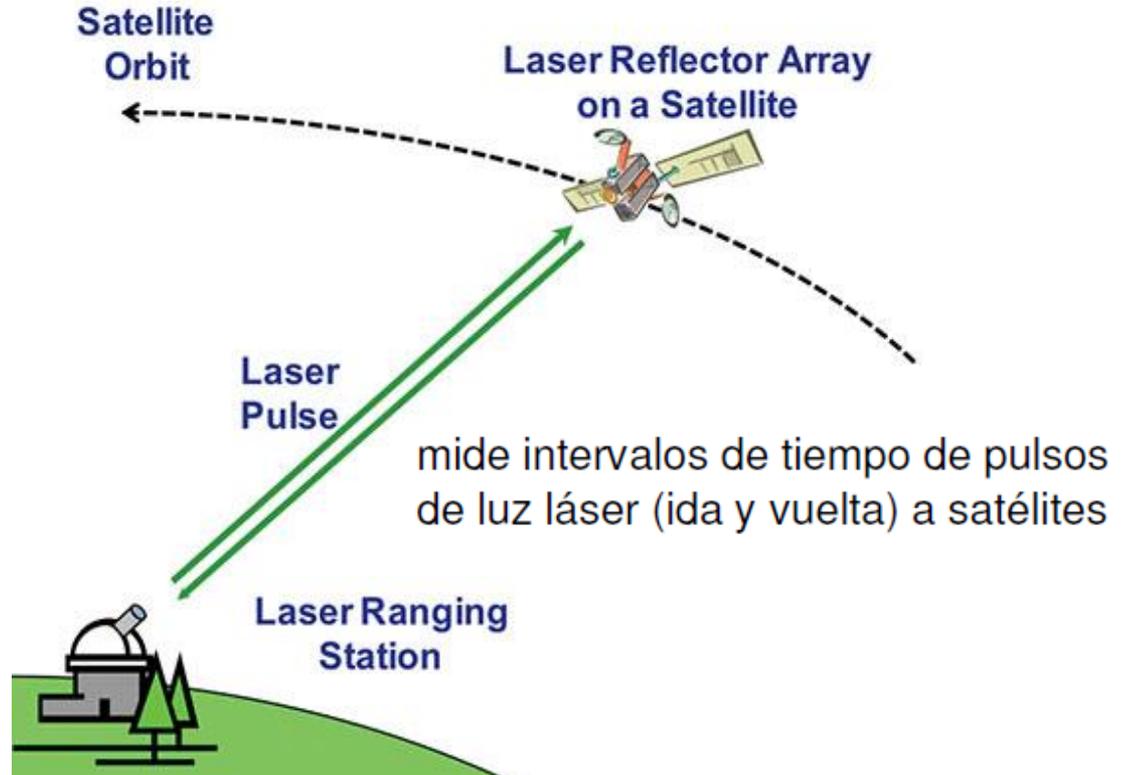
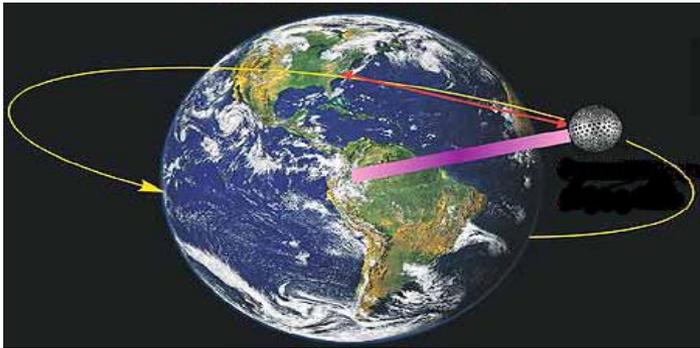
SLR - Satellite LASER Ranging

Telemetría LASER sobre satélites

- El mismo principio que LLR
 - Satélites son mas estables que la Luna y se conoce su centro de masa.
- Telescopios en Tierra envían pulsos LASER a retroreflectores posicionados en satélites.
- Longitud de onda del haz LASER emitido: 532 nanómetros



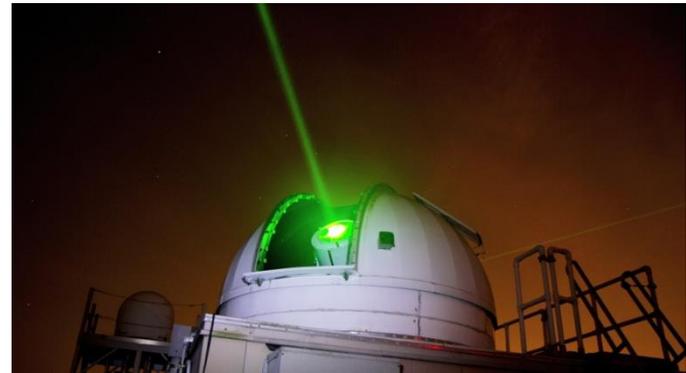
SLR



telescopio óptico, apertura de 50 cm

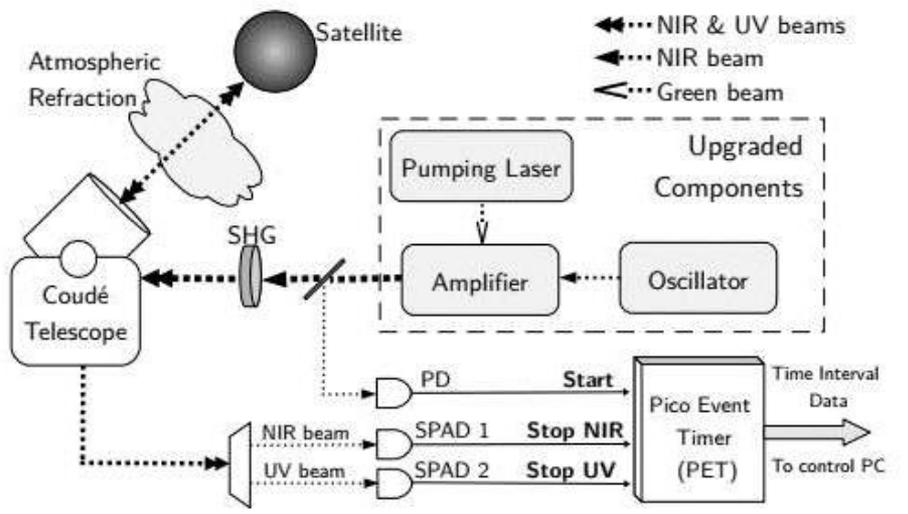
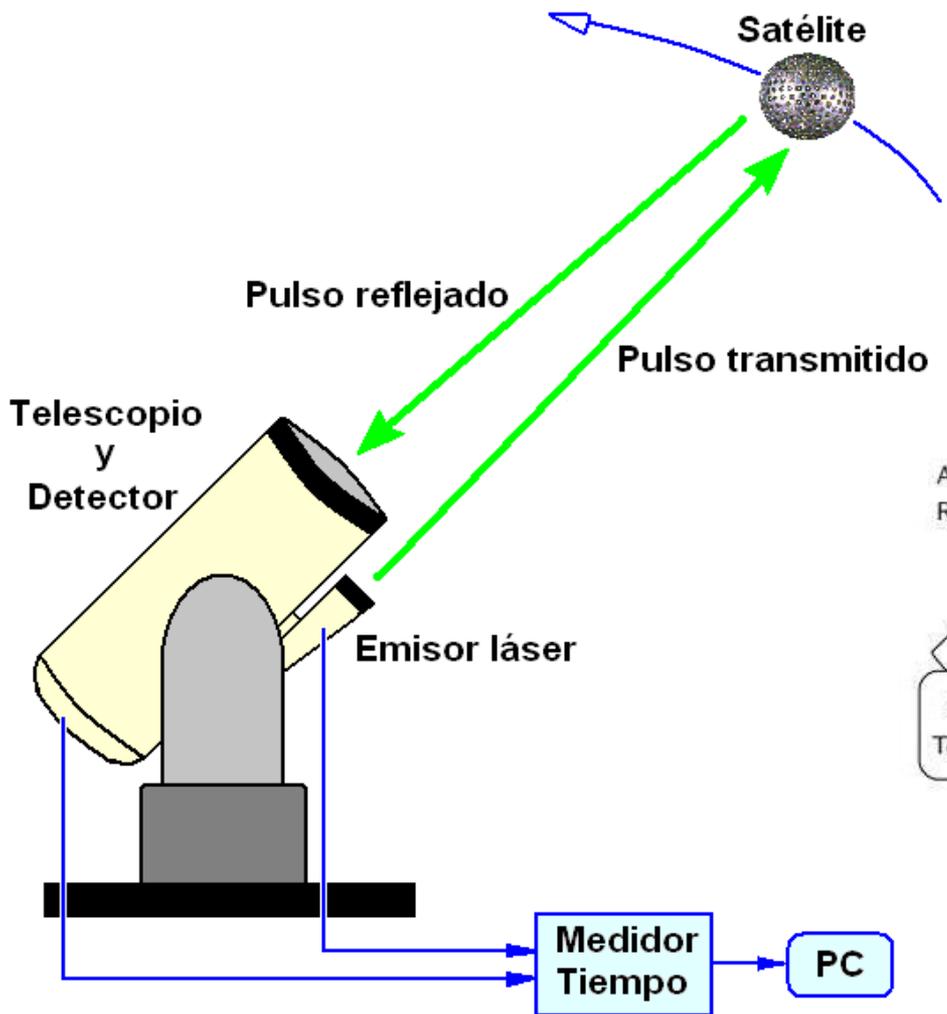


sistema láser system, 15mJ, 40ps, 100Hz



Ecuación de observación SLR

$$\frac{1}{2} c \tau_A^S = || R_{EOP} r_A(t^S) - r^S(t^S) || + \delta\rho_{trop} + \delta\rho_{bias} + \delta\rho_{rel} + \delta\rho_{CoM} + \varepsilon_A^S$$



SLR - Satellite LASER Ranging

Se determinan:

- La definición de la posición del centro de masa de la Tierra,
- Posición geocéntrica de los satélites,
- Parámetros orbitales terrestres,
- Correcciones a modelos de rotación,
- Medición de precisión de la escala del sistema de referencia,
- Variaciones gravitatorias,
- Desplazamiento de placas tectónicas....

Aplicaciones SLR

- **Astronomía:**

- Precesión y Nutación
- Movimiento del Polo
- Rotación de la Tierra
- Orbitas Precisas de Satélites Artificiales
- Sistemas de Referencia Terrestre

- **Geofísica:**

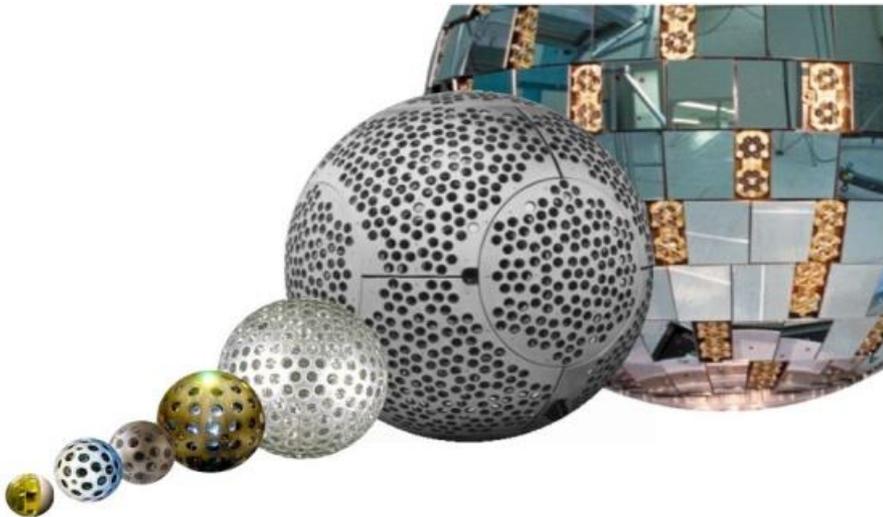
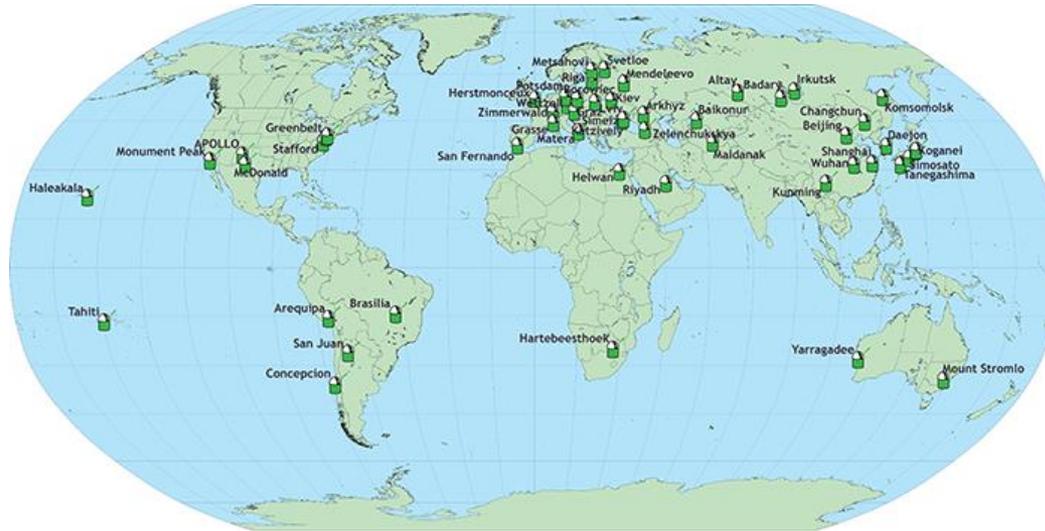
- Campo Gravitatorio Terrestre
- Fuerza Centrifuga
- Movimientos de Placas Tectónicas
- Sismicidad

- **Geodesia:**

- Geoide y forma de la Tierra
- Deflexión de la Vertical
- Geodesic Nets
- Sistemas de Referencia Geodésicos
- Calibración de Receptores GPS

Satellite Laser Ranging, SLR

Red Global de estaciones SLR participantes del ILRS



Productos de ILRS:

- órbitas satelitales
- posición del centro de la masa de la Tierra
- geoide
- servicio de calibración para altímetros satelitales y para relojes atómicos satelitales

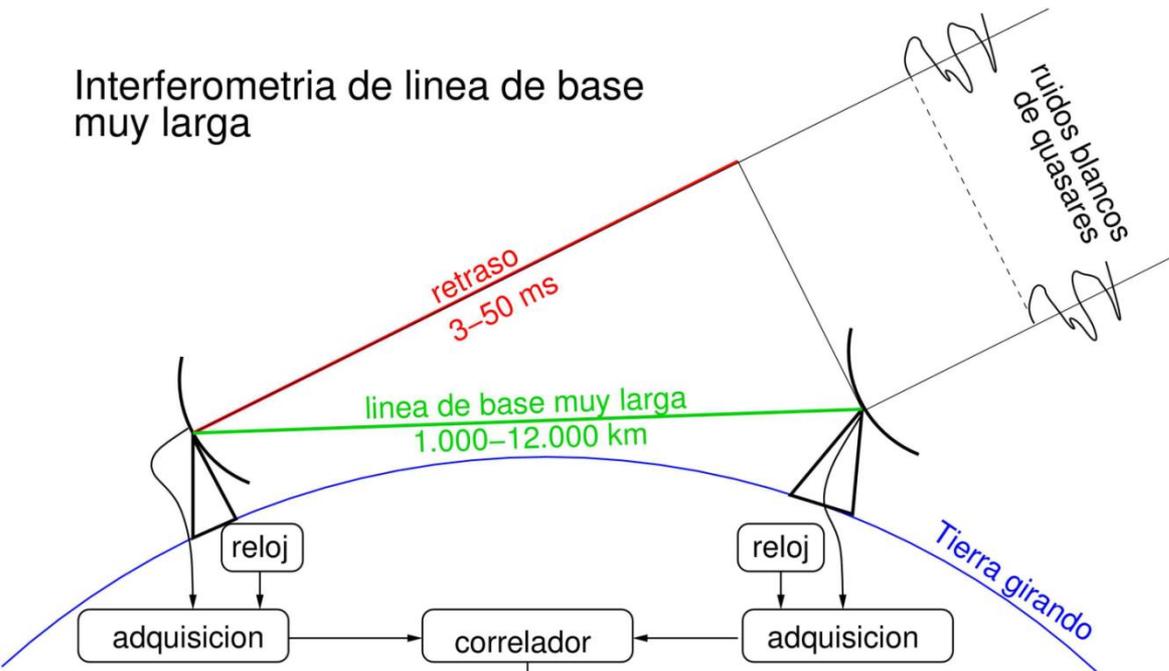
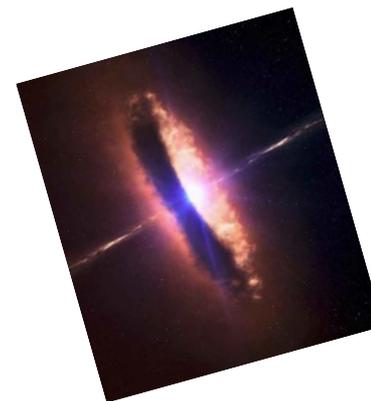
Observatorios SLR en América del Sur



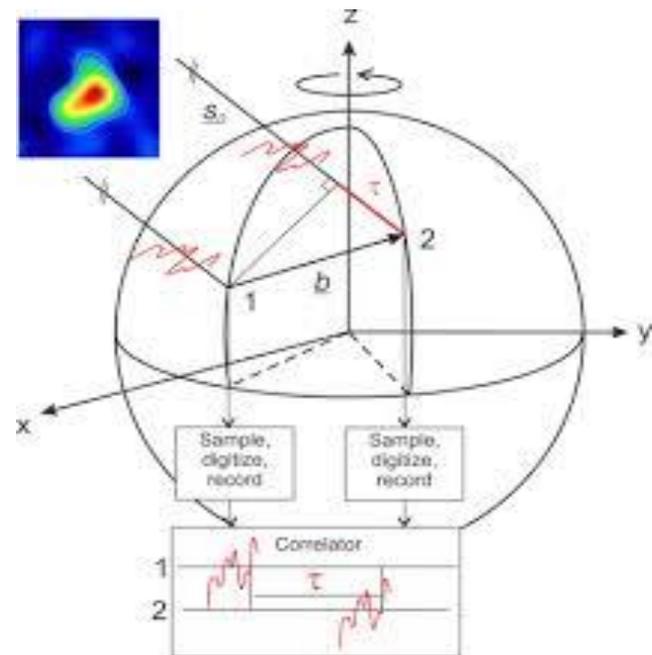
Very Long Baseline Interferometry (VLBI)

Interferometría de línea de base muy larga

Interferometría de línea de base muy larga



frecuencia, amplitud, fase
retraso, deriva

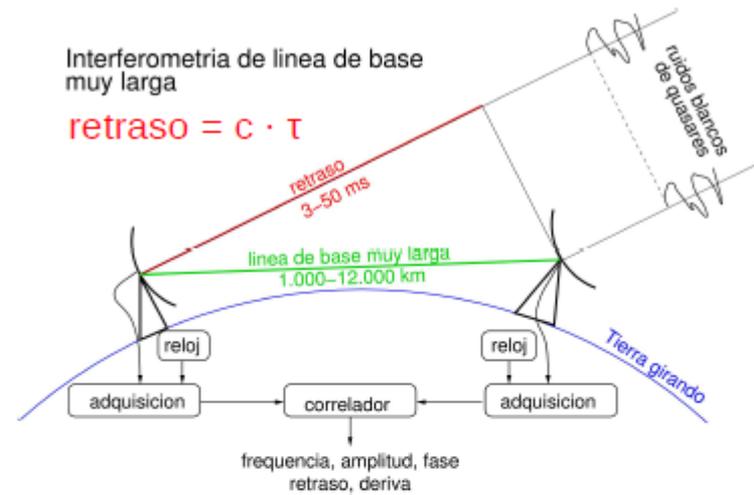


Ec. Observación VLBI

$$\tau = -\frac{1}{c} \mathbf{b} WSNP \mathbf{k}$$

EOP: parametros de la orientación de la tierra

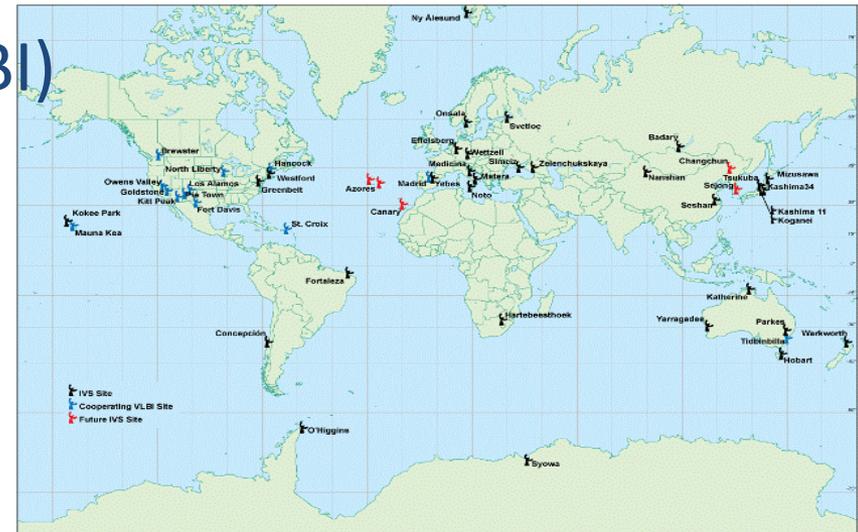
- \mathbf{b} vector de linea de base entre dos estaciones VLBI
- \mathbf{k} vector unitario a la fuente de la emisión
- W matrix para el movimiento polar
- S matrix para el spin diario
- N matrix para la nutación
- P matrix para la precesión



IVS (Servicio Internacional de VLBI)

Productos de IVS:

- parametros de la orientación de la Tierra
- monitoreo del cambio global
- tectónica continental
- sistema de referencia celeste

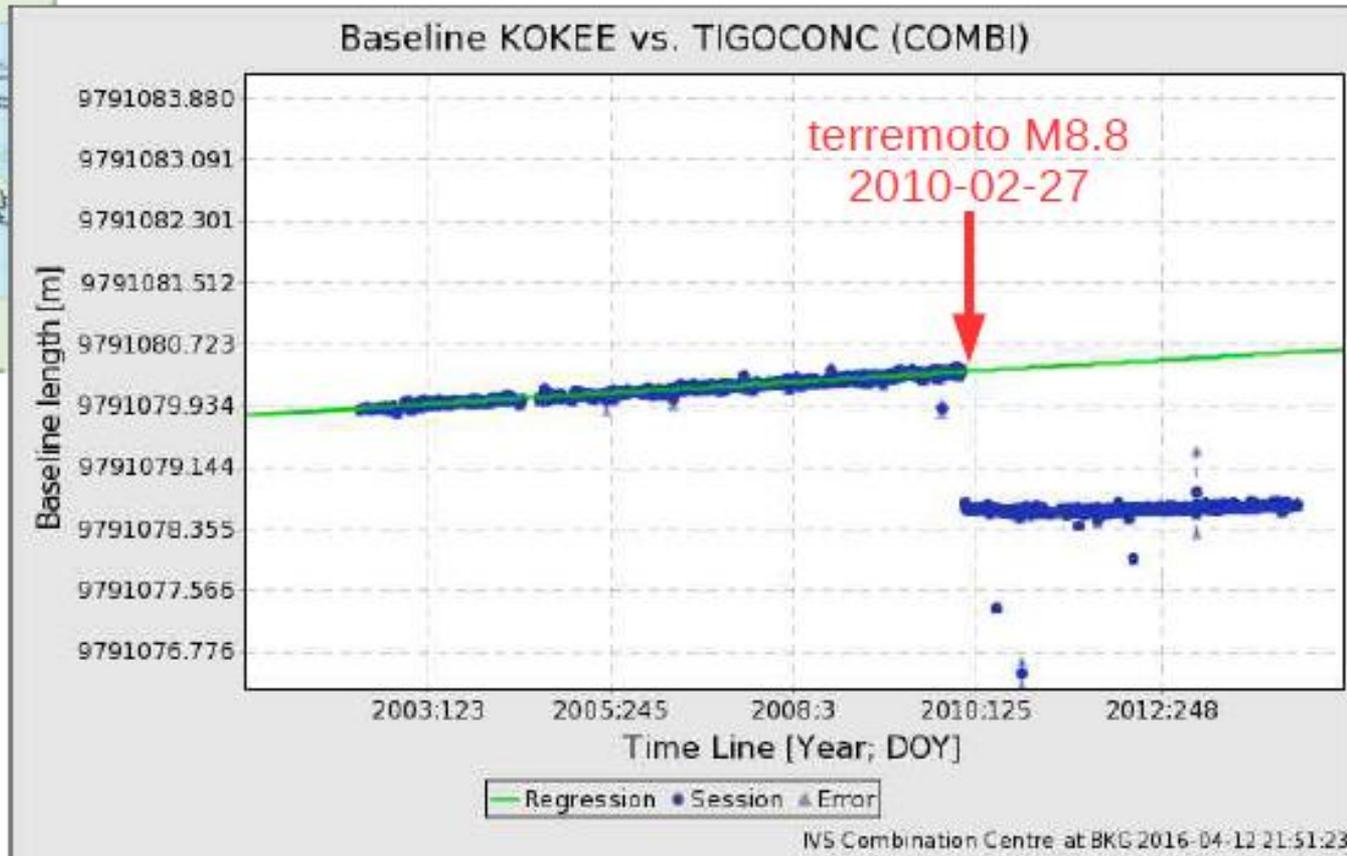


VLBI - Very Long Baseline Interferometry

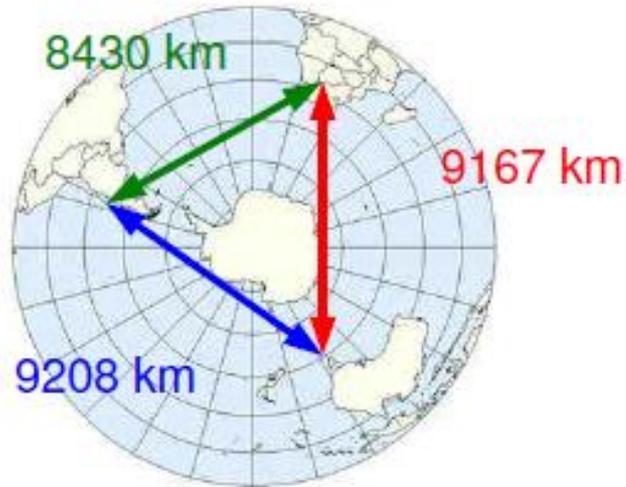
Se determinan:

- Parámetros de Orientación de la Tierra,
- Coordenadas de las estaciones VLBI en el Sistema ITRS,
- Coordenadas de las radio fuentes en el sistema ICRS,
- Información sobre la ionosfera y la troposfera....

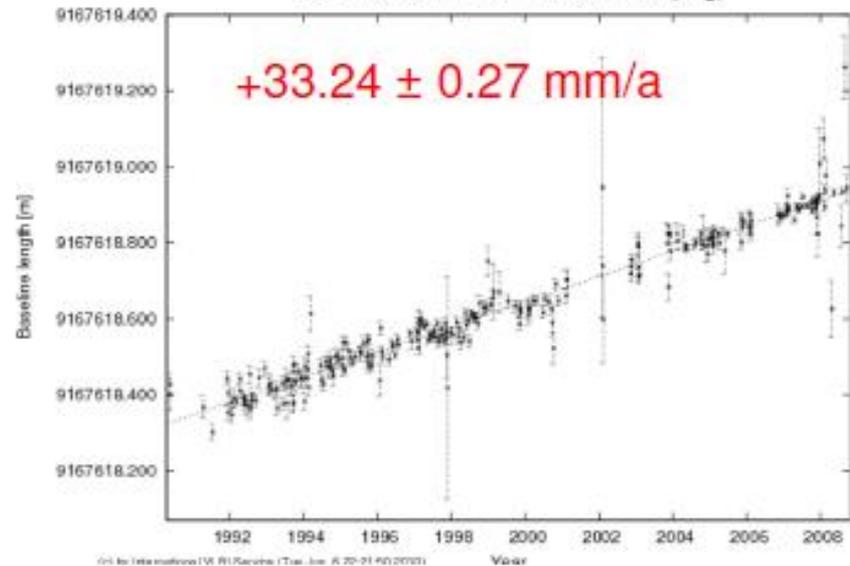
VLBI también mide deformaciones



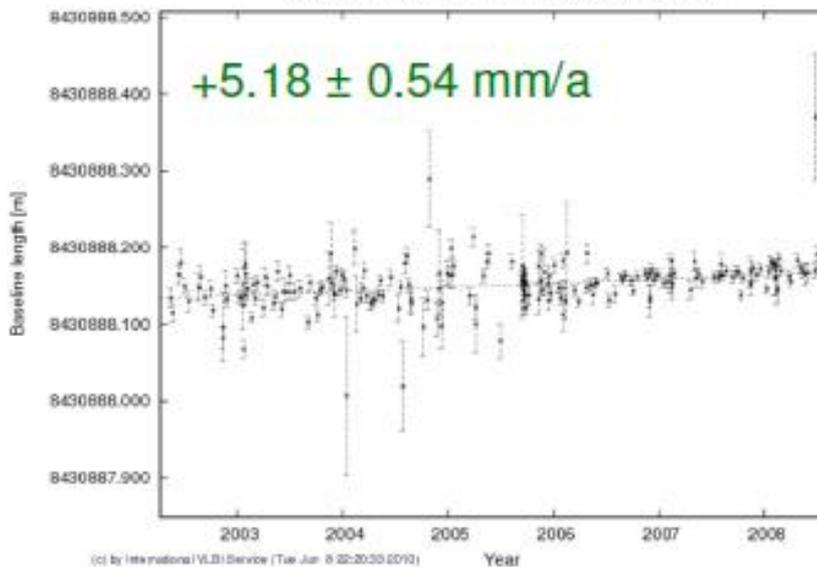
VLBI en el monitoreo de Placas



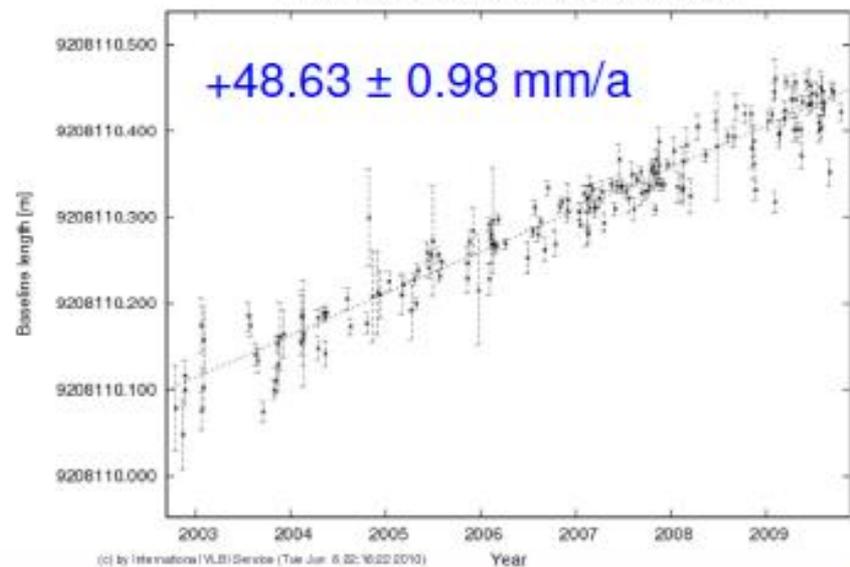
Baseline HARTRAO - HOBART26 (bkg)



Baseline HARTRAO - TIGOCONC (bkg)



Baseline HOBART26 - TIGOCONC (bkg)



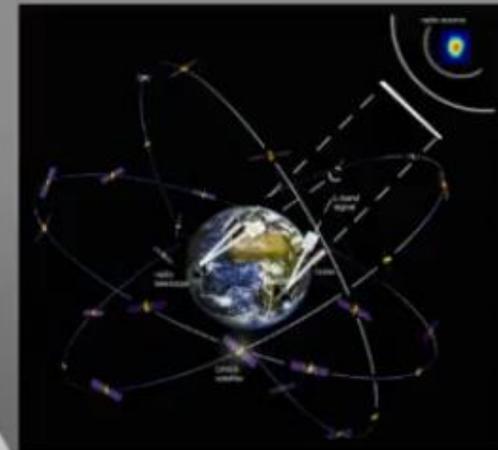
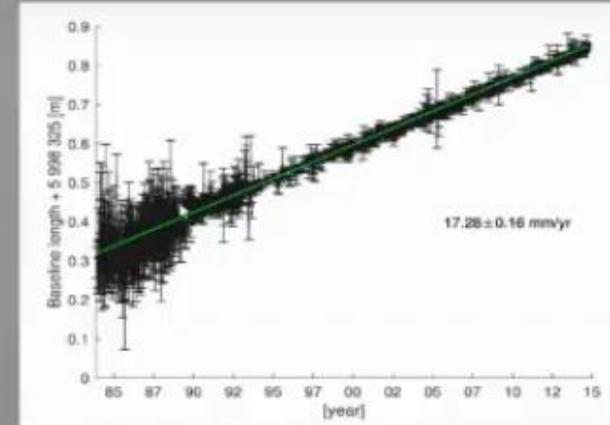
ANTENAS

Característica	Radiotelescopio de Wettzell	Radiotelescopio de Westford	Radiotelescopio de AGGO	Radiotelescopio Cart
País	Alemania	EEUU	Argentina	Argentina
Año	1982/83	1981	2018	En construcción
Diámetro del plato	20 m	18,3 m	6 m	40 m
Bandas	- Banda X (8,4 GHz) - Banda S (2,3 GHz)	2 a 14 GHz	- Banda X (entre 8.1 y 8.9 GHz) - Banda S (entre 2.20 y 2.35 GHz)	1 a 43 GHz



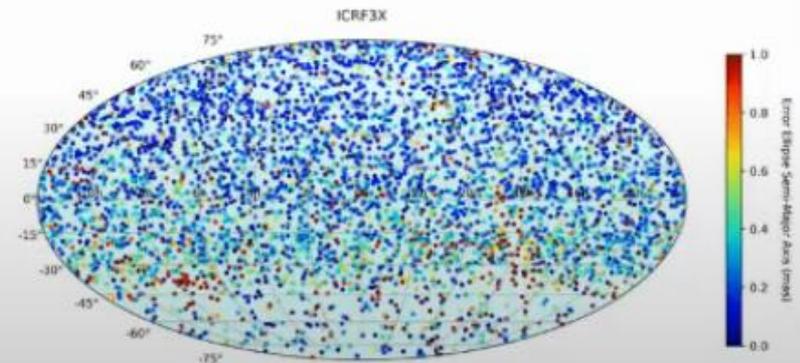
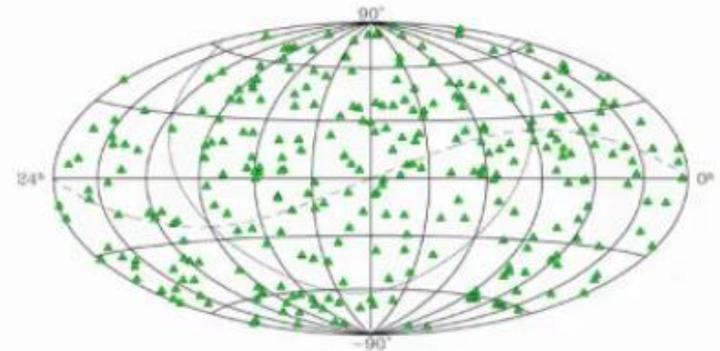
APLICACIONES

- Imágenes de radio de alta resolución de fuentes de radio cósmicas.
- Definición del marco de referencia celeste.
- Movimiento de las placas tectónicas de la Tierra.
- Deformación regional y levantamiento o hundimiento local.
- Variaciones en la orientación de la Tierra y la duración del día.
- Mantenimiento del marco de referencia terrestre.
- Mejora de modelos atmosféricos.
- Seguimiento de sondas espaciales.
- Mejora la precisión de la técnica GNSS, mediante la determinación precisa de la orientación de la Tierra.



MARCOS DE REFERENCIA CELESTES

Característica	ICRF1	ICRF2	ICRF3
Año	1997	2009	2018
Cantidad de fuentes extragalácticas usadas	608	3.414	4.536
Cantidad de fuentes extragalácticas definitorias	212	295	303

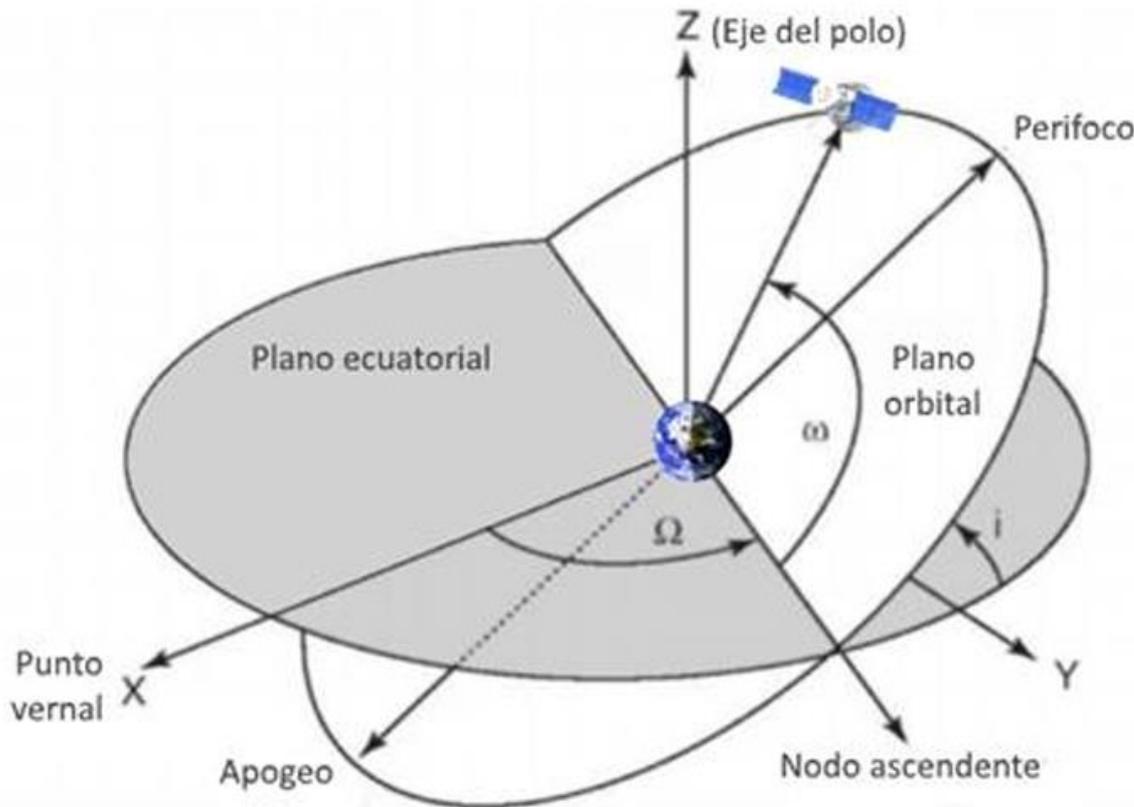


Global Navegation Satellite System

- Orígenes
- Aplicaciones
- Precisiones



GNSS - Global Navigation Satellite System



Donde

i : Inclínación de la órbita

Ω : ascensión recta del nodo ascendente

ω : distancia angular del nodo al perifoco (punto más cercano del sistema Tierra-satélite)

GNSS - Global Navigation Satellite System

Se determinan:

- Órbitas GNSS precisas,
- Parámetros de rotación terrestre,
- Coordenadas y velocidades de las estaciones de rastreo...

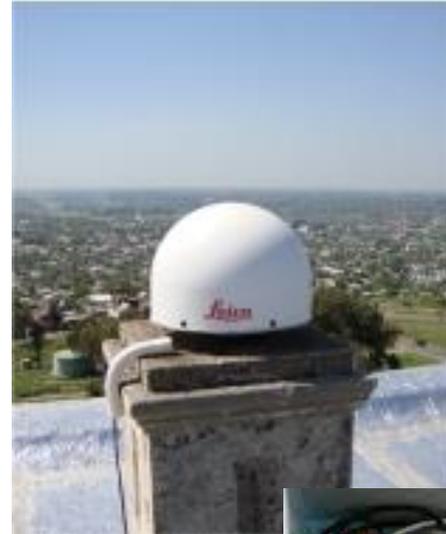
IGS - International GNSS Service



IGS Tracking Network (<http://igsceb.jpl.nasa.gov>)

Estación Permanente GNSS

- Punto materializado (Pilar)
- Coordenadas conocidas.
- Receptor GPS geodésico
- Antena geodésica
- Institución responsable.
- Centro de datos- Almacena y administra datos.
- Sistema de alimentación de energía

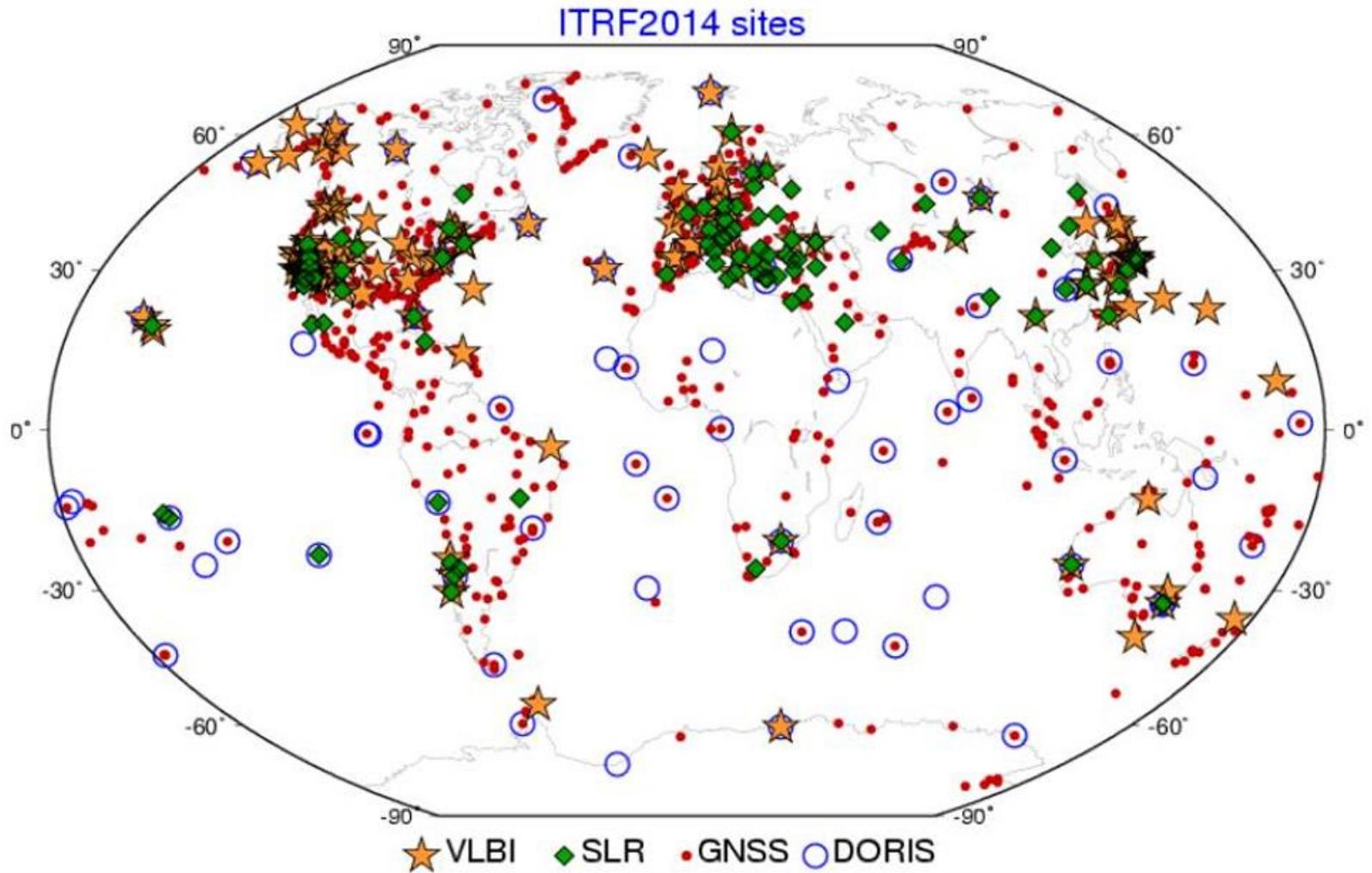


Materialización ITRF

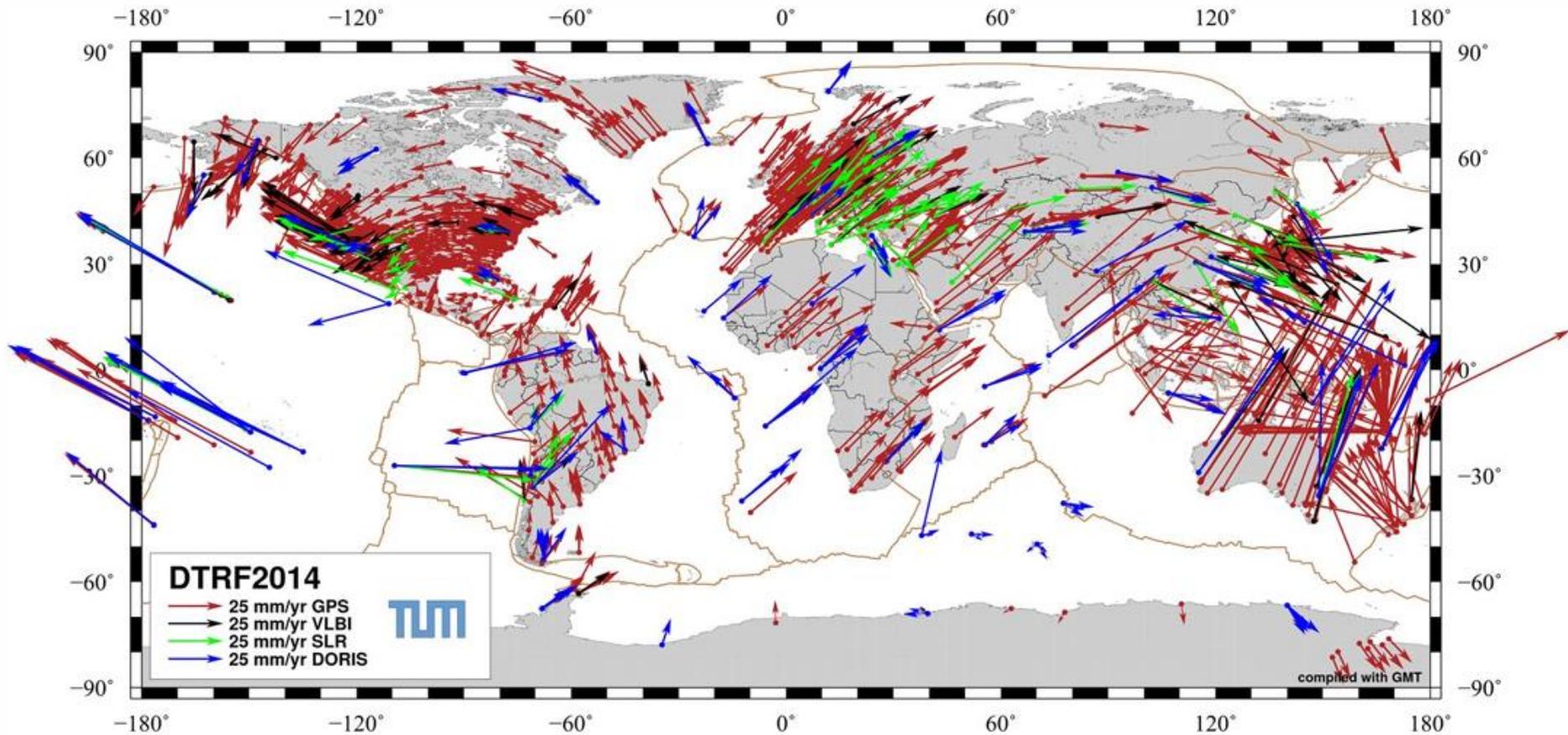
- Coordenadas cartesianas y velocidades de estaciones fundamentales en Tierra
 - VLBI
 - SLR
 - LLR
 - GNSS
 - DORIS
- Cada técnica define un marco de referencia
- Determinan
 - EOPs
 - Velocidades
 - Posición de los ejes

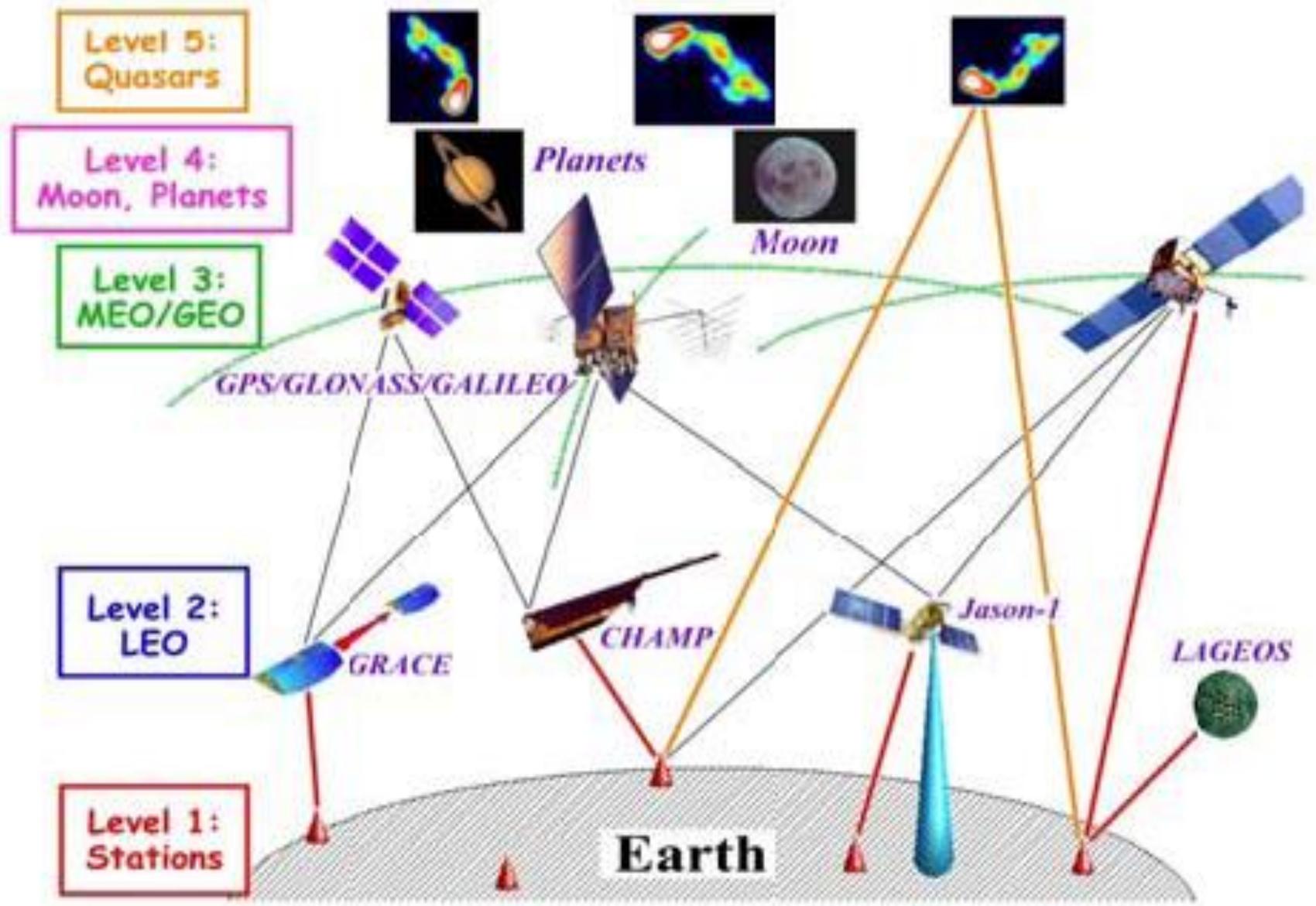
} Para una época dada

Materialización ITRF14



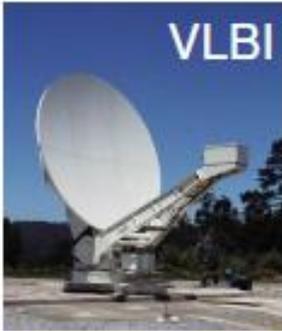
Mapa de velocidades



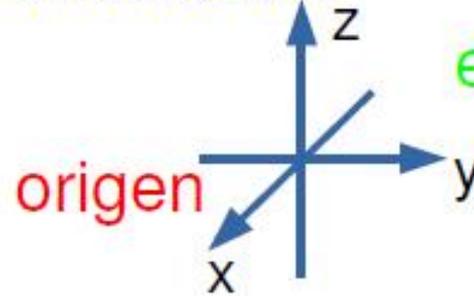


OBSERVATORIOS GEODÉSICOS FUNDAMENTALES

espacio



orientación



[VISITA VIRTUAL AGGO](#)

tiempo

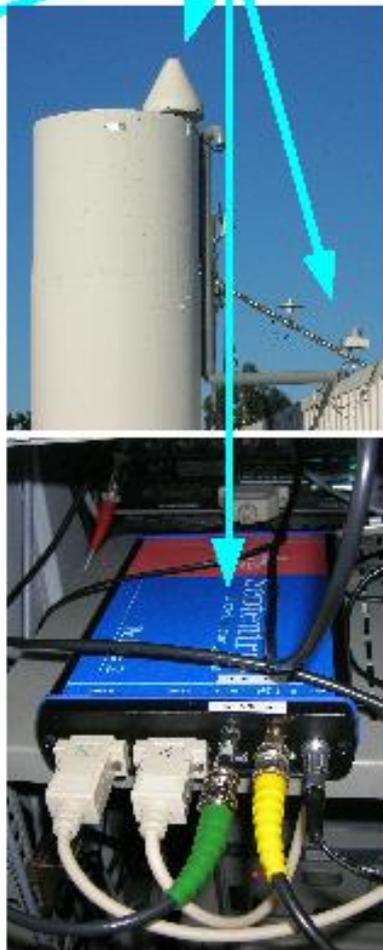


campo gravitacional



Laboratorio de Tiempo y Frecuencia, BIPM

3 Normales de Cesio, 2 Receptores de GPS, 2 Maser Hidrógeno



GRAVÍMETRO RELATIVO SUPERCONDUCTOR

MIDE MAREAS TERRESTRES = DELTA ENTRE CENTRO DE MASA Y LA SUPERFICIE TERRESTRE.

LA TIERRA, VISCO-ELÁSTICA ES CONTINUAMENTE DEFORMADA POR:

- LA LUNA
- EL SOL
- LOS PLANETAS
- VARIACIONES DE PRESIÓN DE AIRE
- MAREAS

RESOLUCIÓN: 10 nGal \rightarrow 0,03 mm

PRINCIPIO:

ESFERA FLOTA EN UN CAMPO MAGNÉTICO LIBRE Y SUELTO, EL CUAL ES PRODUCIDO POR CORRIENTES EN BOBINAS SUPERCONDUCTORAS A -268° C.

ÚNICO INSTRUMENTO EN AMÉRICA LATINA!



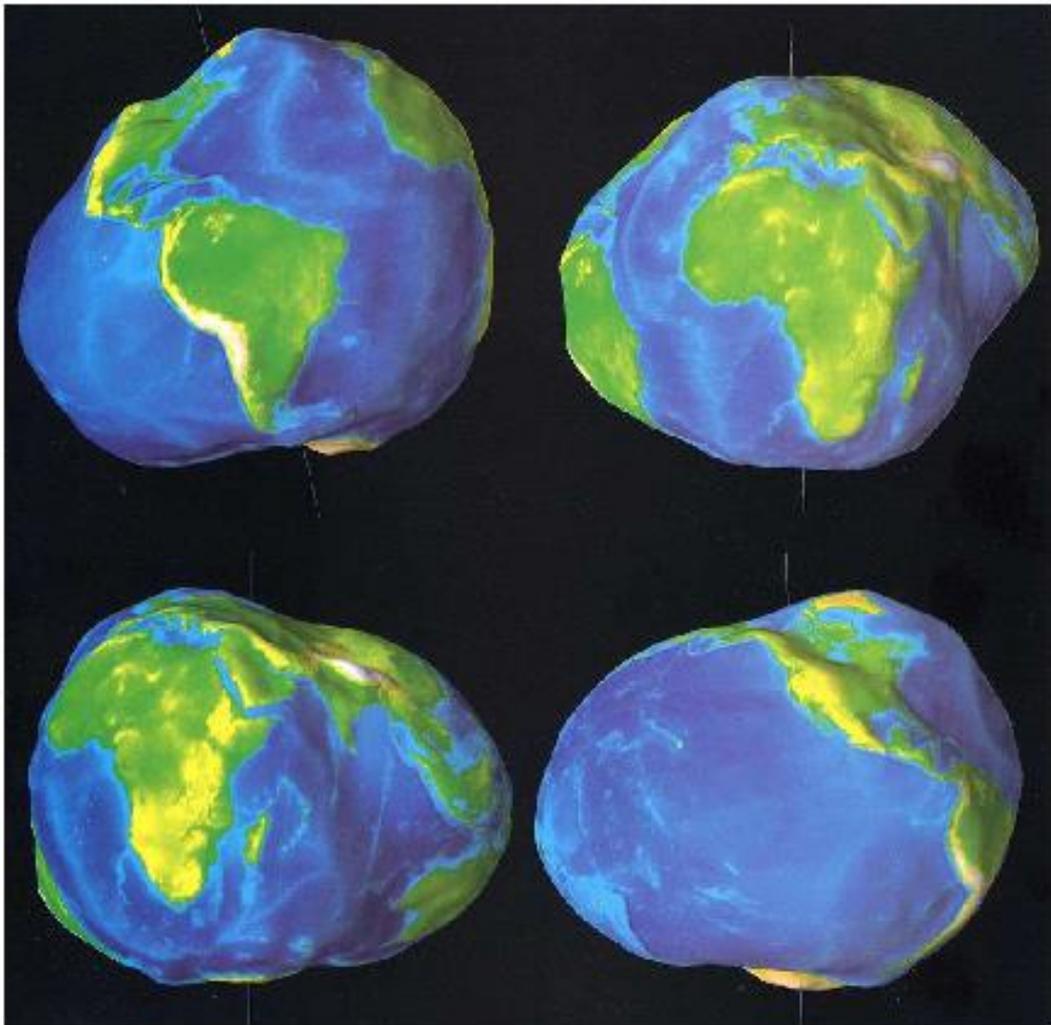
Gravímetro Absoluto



3 microgal = 1 cm

- mide la gravedad absoluto
 $g = 979924069,75 \mu\text{Gal}$
- resolución: 10 nGal
- operable desde 05/06
- principio: caída libre
 - distancia: interferometría
 - intervalo de tiempo: reloj atómico
- define un punto de referencia vertical

Importancia de la Gravimetría



- La gravimetría define la referencia en el campo gravitacional.
- Es importante para definir sistemas verticales de referencia.
- Las mareas terrestres requieren de su observación.

Imagen 3D del geode de la Tierra.

Bibliografía

- Tomás, Roberto & Marchal, José & Lopez-Sanchez, Juan. (2005). Técnicas de Ingeniería Cartográfica empleadas en el estudio de subsidencia y movimientos de ladera: principales características y análisis comparativo.
- Seeber Gunter
- Apuntes Cursillo Preparatorio de Geodesia Satelital
- Mackern M.V., Apuntes Geodesia II, UMaza