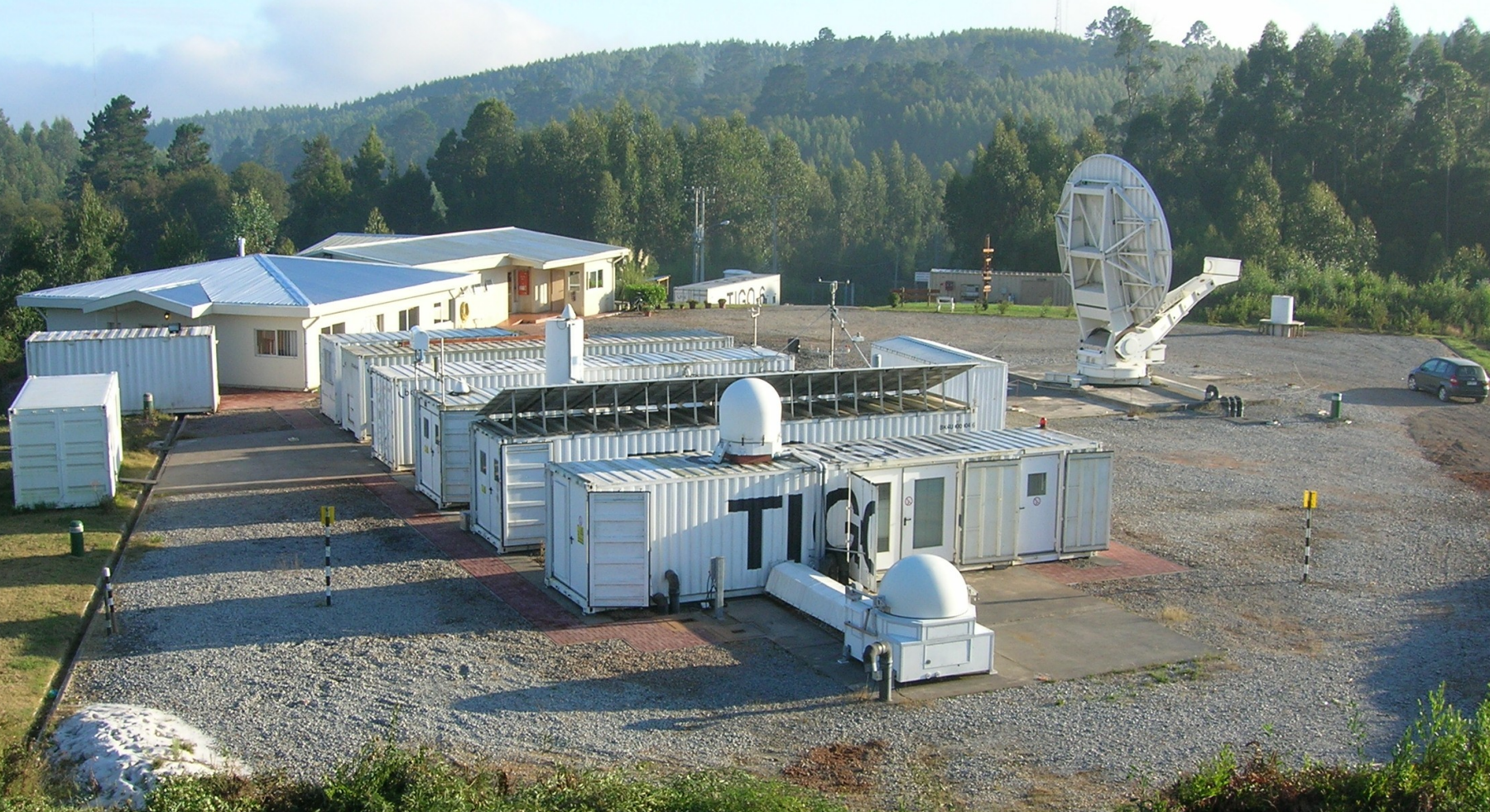


Observatorio Geodésico TIGO



Reunión SIRGAS 2008
Mayo 28-29, Montevideo, Uruguay

Hayo Hase

2007.03.16

Agencia Federal de Cartografía y Geodesia de Alemania (BKG)

Observatorio Geodésico TIGO



- es un **proyecto** bilateral **chileno-alemán** sin fines de lucro, bajo el *Convenio sobre Cooperación en la Investigación Científica y el Desarrollo Tecnológico*, en el cual participan:

- Universidad de Concepción (UdeC)
- Instituto Geográfico Militar (IGM)
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG)
(Agencia Federal de Cartografía y Geodesia de Alemania)



- es parte de una **infraestructura global**, **único** en América Latina
- es para el **monitoreo de la Tierra** a largo plazo en función de varios **servicios internacionales**.



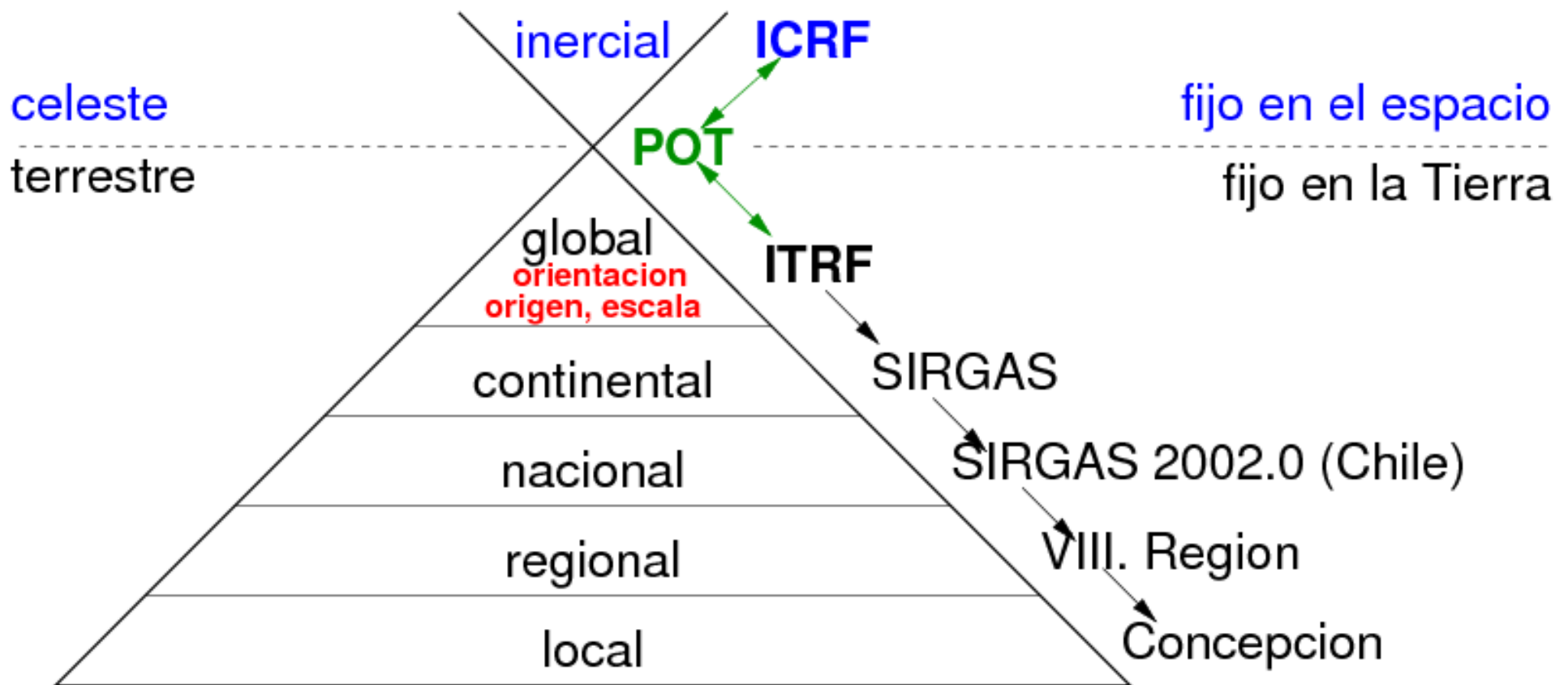
Misión de TIGO

TIGO es una *estación fundamental* para la geodesia, dedicada a la **realización** y **mantención** de los sistemas de referencia **más precisos**:

- Terreste (ITRF) “¿Dónde estamos en la Tierra?”
- Celeste (ICRF) “¿Dónde estamos en el espacio?”

La misión de TIGO es definir puntos de referencia terrestres en *el tiempo, el espacio y el campo gravitacional de la Tierra.*

Jerarquía de Sistemas de Referencia Geodésicos



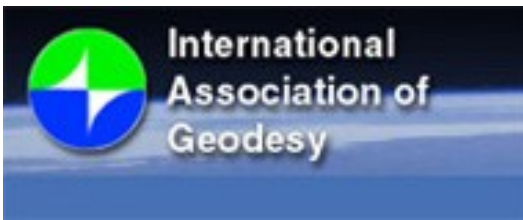
Servicios Internacionales

- **ICRF**, **POT** y **ITRF** son productos del **IERS** (*International Earth Rotation and Reference System Service*) en base a los productos de los servicios:
 - **IVS**, *International VLBI Service*
 - **ILRS**, *International Laser Ranging Service*
 - **IGS**, *International GNSS Service*
 - **IDS**, *International DORIS Service*
- TIGO participa en el **GGP** (*Global Geodynamic Project*) con su gravímetro superconductor
- TIGO está aprobado por el **BIPM** (*Bureau International de Poids et Mesures*) para la mantención de escala del tiempo universal (UTC)
- **TIGO** representa a **Chile** en seis **Servicios Internacionales**

Espacio

Campo gravitacional

Tiempo

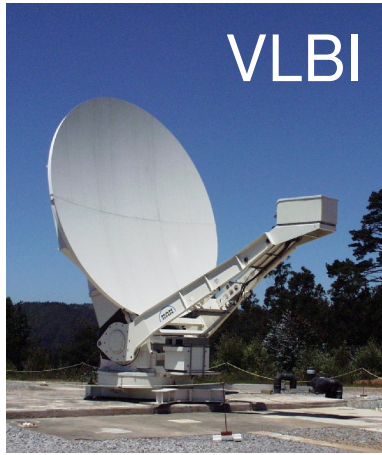


Servicios Internacionales



- principio de **subsidiaridad**, “cada uno por la meta global”
- **sin fines de lucro**
- datos para todos
- ningún país por si sólo logra lo mismo
- **GGOS necesita los Servicios Internacionales**

Espacio

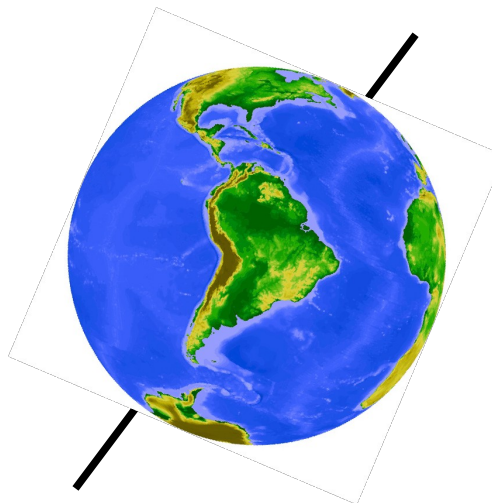
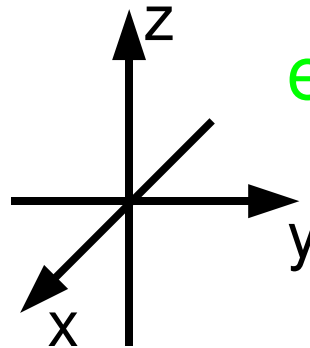


Instrumentación de un punto de referencia fundamental

orientación

origen

escala



Fotos muestran equipos de TIGO.

Tiempo



Campo gravitacional de la Tierra

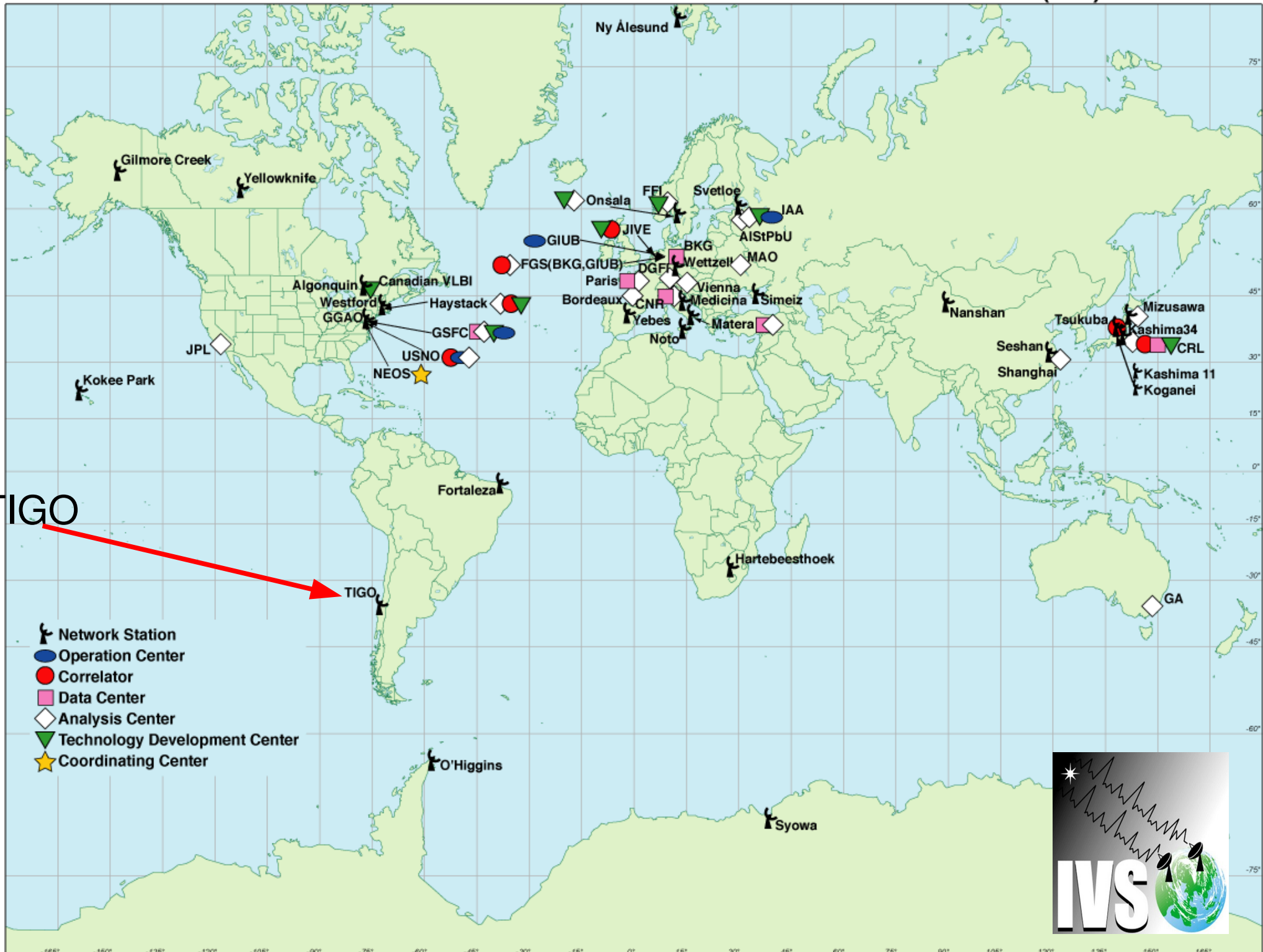


gravímetro absoluto



gravímetro superconductor

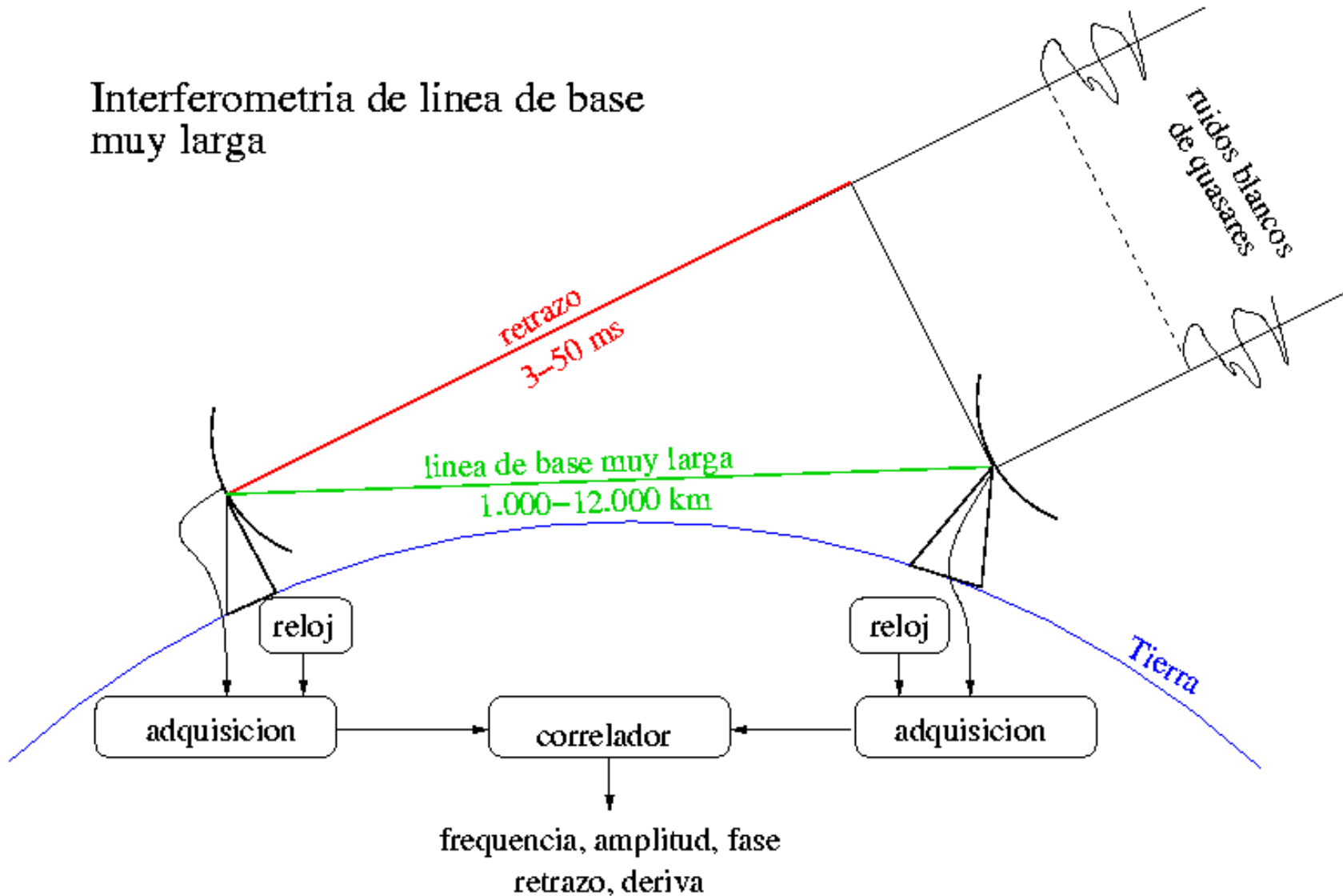
INTERNATIONAL VLBI SERVICE FOR GEODESY AND ASTROMETRY (IVS)



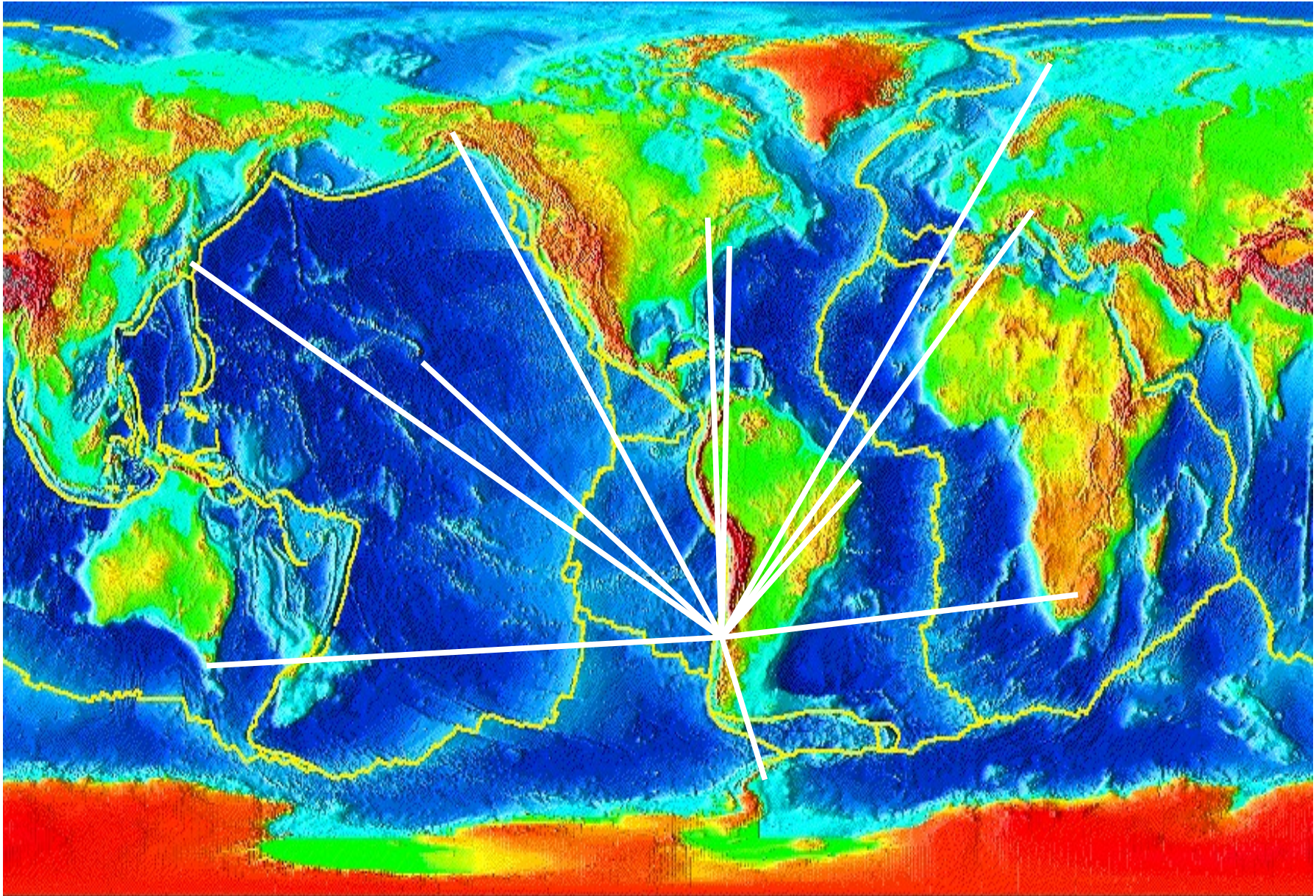
Principio VLBI

Very Long Baseline Interferometry

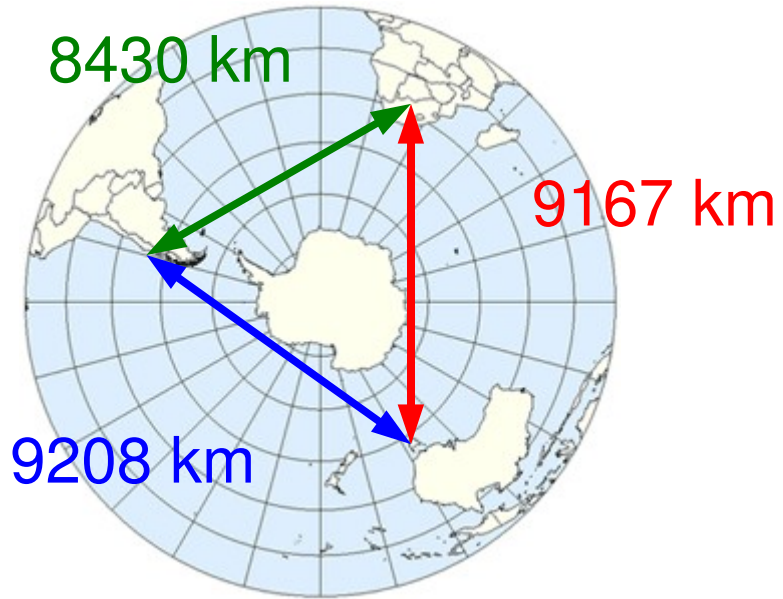
Interferometria de linea de base muy larga



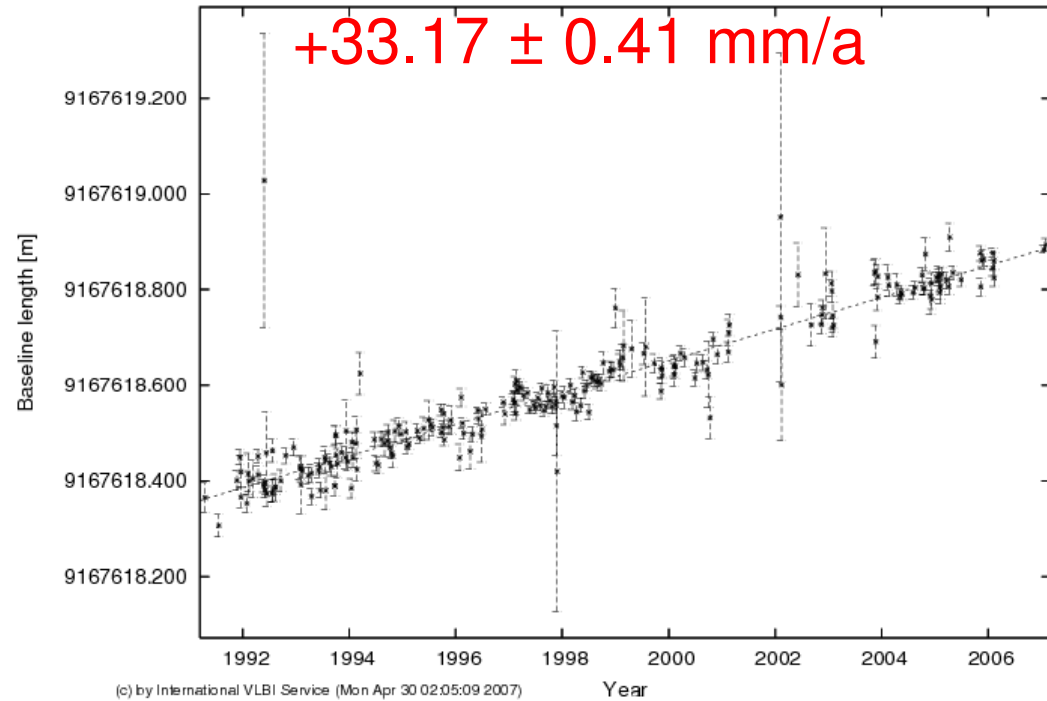
TIGO mide líneas de base a todos los continentes



Monitoreo de tectónica de placas continentales

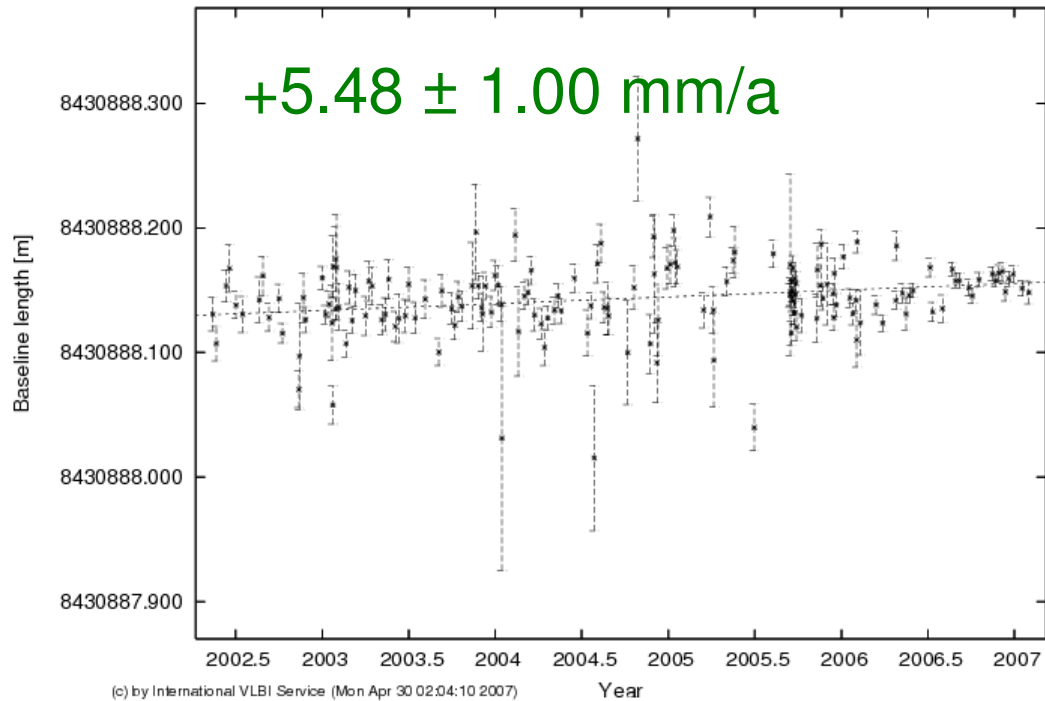


Baseline HARTRAO - HOBART26 (bkg)



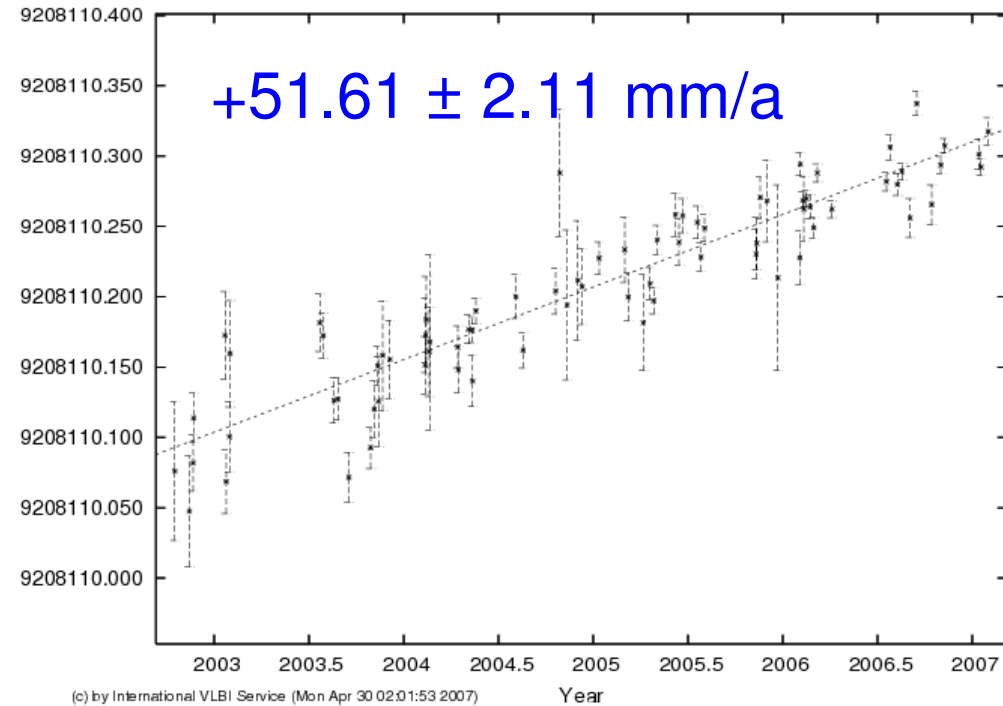
(c) by International VLBI Service (Mon Apr 30 02:05:09 2007)

Baseline HARTRAO - TIGOCONC (bkg)



(c) by International VLBI Service (Mon Apr 30 02:04:10 2007)

Baseline HOBART26 - TIGOCONC (bkg)



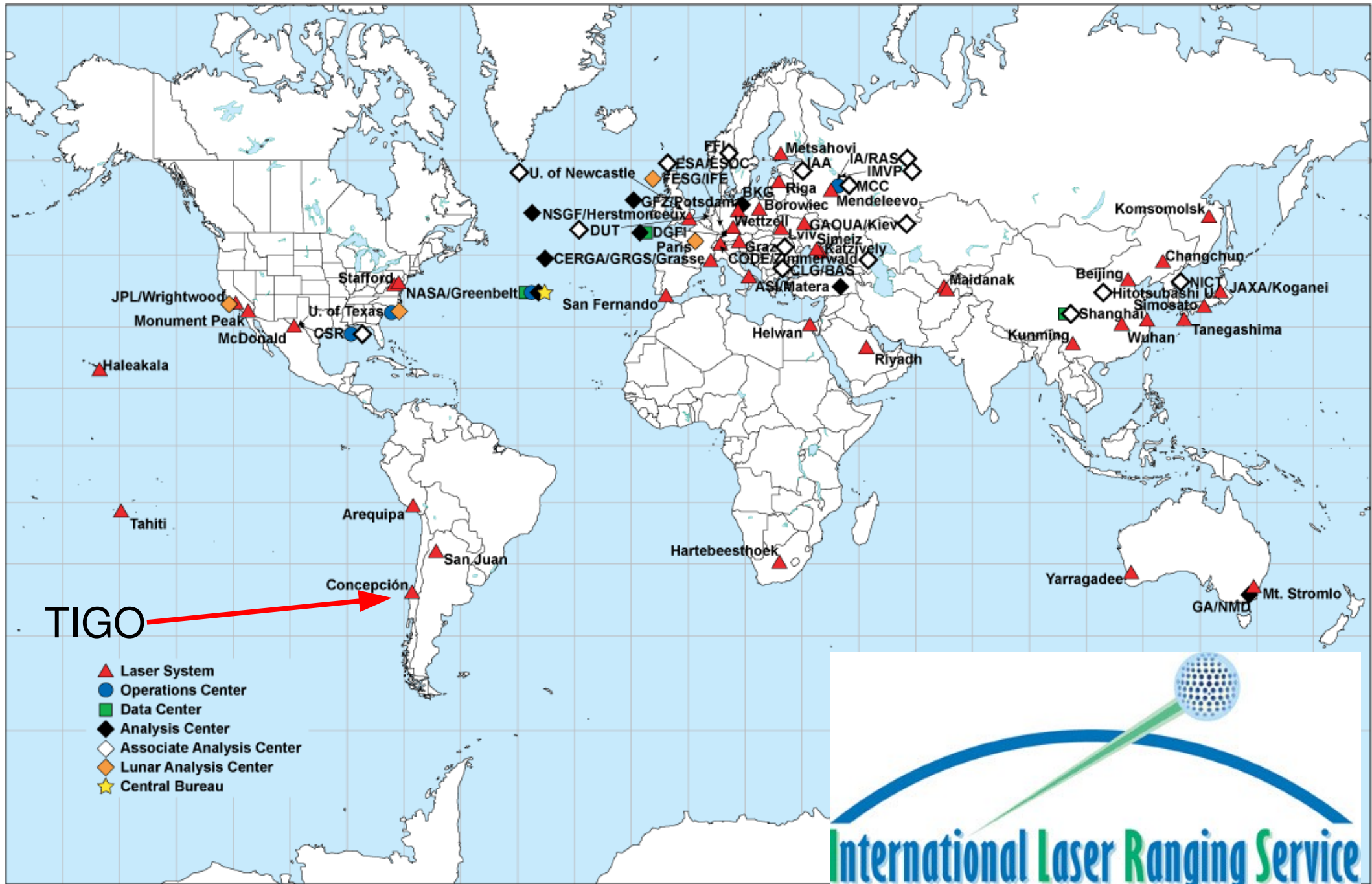
(c) by International VLBI Service (Mon Apr 30 02:01:53 2007)

Radiotelescopio de TIGO



- 6m radiotelescopio offset, foco primario
- recepción de banda S (2.2-2.35 GHz) y X (8-9 GHz)
- participación en la red de servicio rápido en el IVS
- 2002-2007: contribución a IVS con **575** **observaciones de 24h** de duración

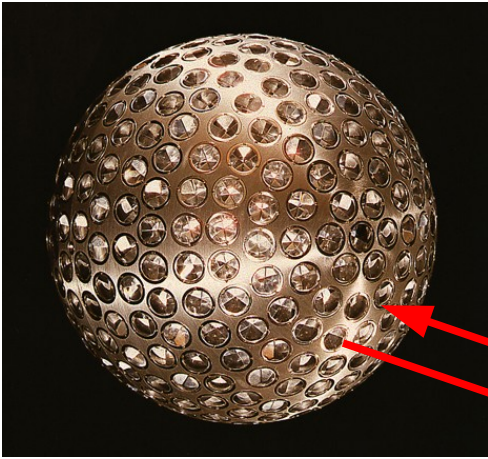
International Laser Ranging Service - Components



Principio de SLR

Medición con Láser a Satélites

LAGEOS



$$\text{distancia} = \frac{1}{2} \cdot \text{tiempo(ida+vuelta)} \cdot 299.792.458 \text{ m/s}$$

altitud: ~6.000 km

diametro: 60 cm

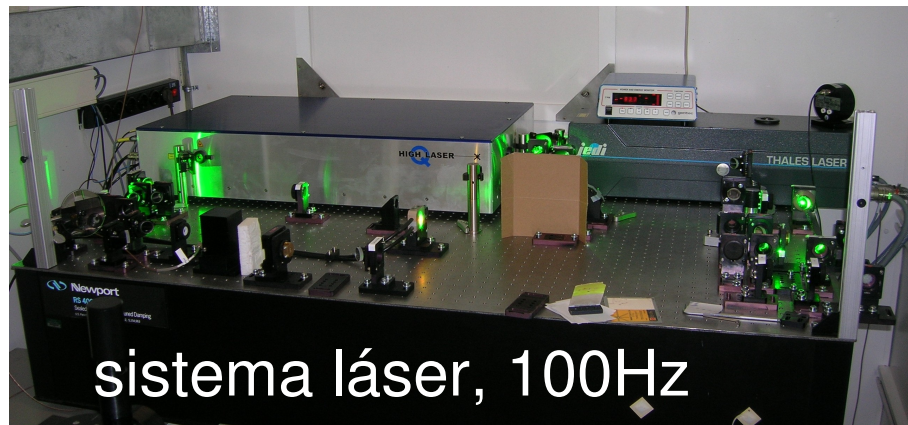
masa: 452 kg

distancia es el vínculo entre
la posición en la órbita y
la posición en la tierra.

TIGO-SLR



Sistema de Satellite Laser Ranging, SLR









- telescopio de 50 cm apertura
- láser safiro titanio de dos colores, 847nm, 423.5nm
- repetición pulsos: 100 Hz
- ancho de pulsos: 40 ps
- energía de pulsos: 15 mJ
- pico-event-timer
- mide satélites desde órbita baja hasta geoestacionaria
- 2002-2007: 7.128 trayectorias exitosas

Medallas de Oro y Plata para Chile

Estadística de productividad del ILRS

Latest Analysis Report: >> [from 29 Nov 2007 to 12 Dec 2007](#)

Stations with high productivity

	# pass/# NP	Site Name(ID)		# pass/# NP	Site Name(ID)
Lageos1 	39/429	Concepcion (7405)	Lageos2 	32/467	Concepcion (7405)
	34/330	Yarragadee (7090)		29/365	Yarragadee (7090)
	21/283	Herstmonceux (7840)		17/235	Herstmonceux (7840)
Etalon1			Etalon2 	7/76	Yarragadee (7090)
				5/29	San Juan (7406)
				4/10	Changchun (7237)
Starlette 	38/496	Yarragadee (7090)	Stella 	25/250	Yarragadee (7090)
→	32/379	Concepcion (7405)		13/90	Concepcion (7405)
	27/282	San Juan (7406)		12/105	Arequipa (7403)
Ajisai 	53/944	Yarragadee (7090)			
→	42/618	Concepcion (7405)			
	29/519	San Fernando (7824)			

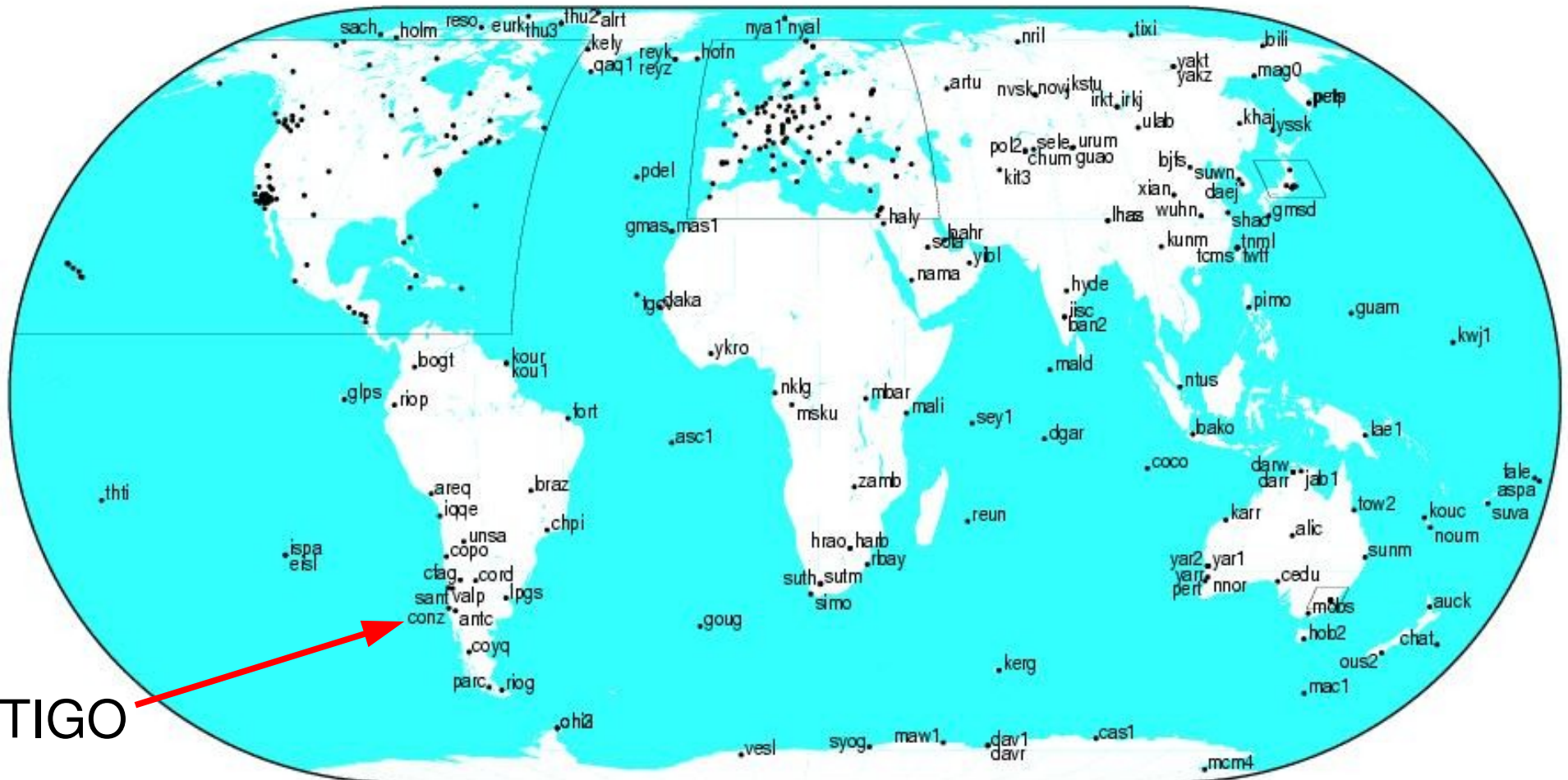
more satellites (GNSS and LEO)
included in the daily reports!!

Archive: (each covers 14 days from the date) Year [2006](#) [2005](#)

[29 Nov 2007](#) [31 Oct 2007](#) [30 Sep 2007](#) [31 Aug 2007](#) [31 Jul 2007](#) [30 Jun 2007](#) [31 May 2007](#) [30 Apr 2007](#) [31 Mar 2007](#) [28 Feb 2007](#) [31 Jan 2007](#)
[28 Nov 2007](#) [30 Oct 2007](#) [29 Sep 2007](#) [30 Aug 2007](#) [30 Jul 2007](#) [29 Jun 2007](#) [30 May 2007](#) [29 Apr 2007](#) [30 Mar 2007](#) [27 Feb 2007](#) [30 Jan 2007](#)
[27 Nov 2007](#) [29 Oct 2007](#) [28 Sep 2007](#) [29 Aug 2007](#) [29 Jul 2007](#) [28 Jun 2007](#) [29 May 2007](#) [28 Apr 2007](#) [29 Mar 2007](#) [26 Feb 2007](#) [29 Jan 2007](#)
[26 Nov 2007](#) [28 Oct 2007](#) [27 Sep 2007](#) [28 Aug 2007](#) [28 Jul 2007](#) [27 Jun 2007](#) [28 May 2007](#) [27 Apr 2007](#) [28 Mar 2007](#) [25 Feb 2007](#) [28 Jan 2007](#)
[25 Nov 2007](#) [27 Oct 2007](#) [26 Sep 2007](#) [27 Aug 2007](#) [27 Jul 2007](#) [26 Jun 2007](#) [27 May 2007](#) [26 Apr 2007](#) [27 Mar 2007](#) [24 Feb 2007](#) [27 Jan 2007](#)
[24 Nov 2007](#) [26 Oct 2007](#) [25 Sep 2007](#) [26 Aug 2007](#) [26 Jul 2007](#) [25 Jun 2007](#) [26 May 2007](#) [25 Apr 2007](#) [26 Mar 2007](#) [23 Feb 2007](#) [26 Jan 2007](#)
[23 Nov 2007](#) [25 Oct 2007](#) [24 Sep 2007](#) [25 Aug 2007](#) [25 Jul 2007](#) [24 Jun 2007](#) [25 May 2007](#) [24 Apr 2007](#) [25 Mar 2007](#) [22 Feb 2007](#) [25 Jan 2007](#)

IGS Network Stations

International GNSS Service



GNSS en TIGO

- **CONZ**, estación permanente GPS/Glonass, estación de referencia de **IGS** desde 2002
- **CONT**, estación permanente GPS, estación de referencia de **BIPM** y **IGS** desde 2007

CONZ



inclinómetro

sensores
humedad
del suelo



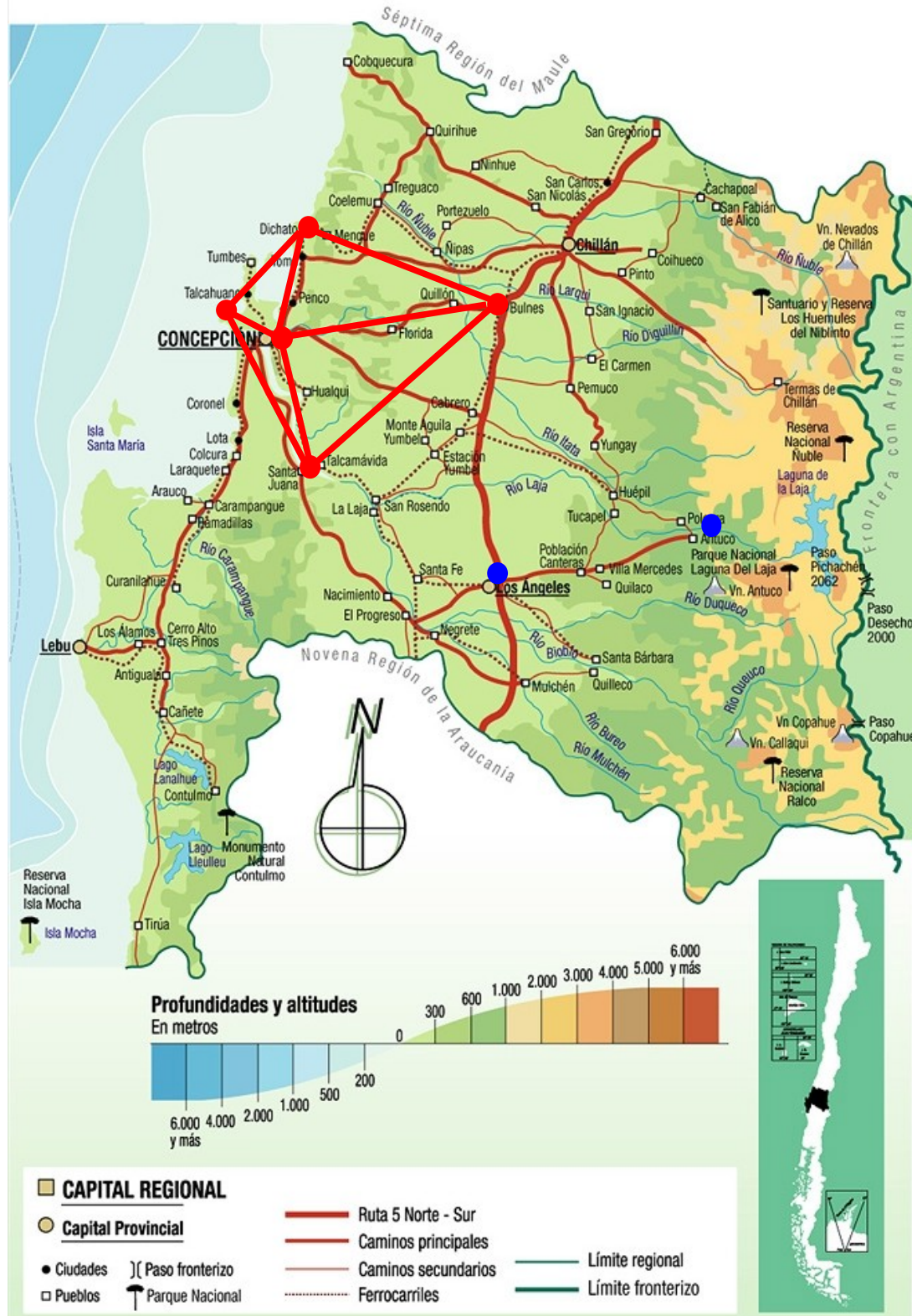
CONT conectado a H-maser



radiómetro
de vapor de
agua

Red Regional de TIGO

- Puntos de referencia permanentes para el monitoreo de geodinámica regional
 - 5 de la red regional de TIGO
 - 2 estaciones de UdeC-UALA



Estaciones Permanentes de TIGO

Infraestructura para el monitoreo regional de la Tierra

Ambos monumentos son P.R. en la RGN-SIRGAS.

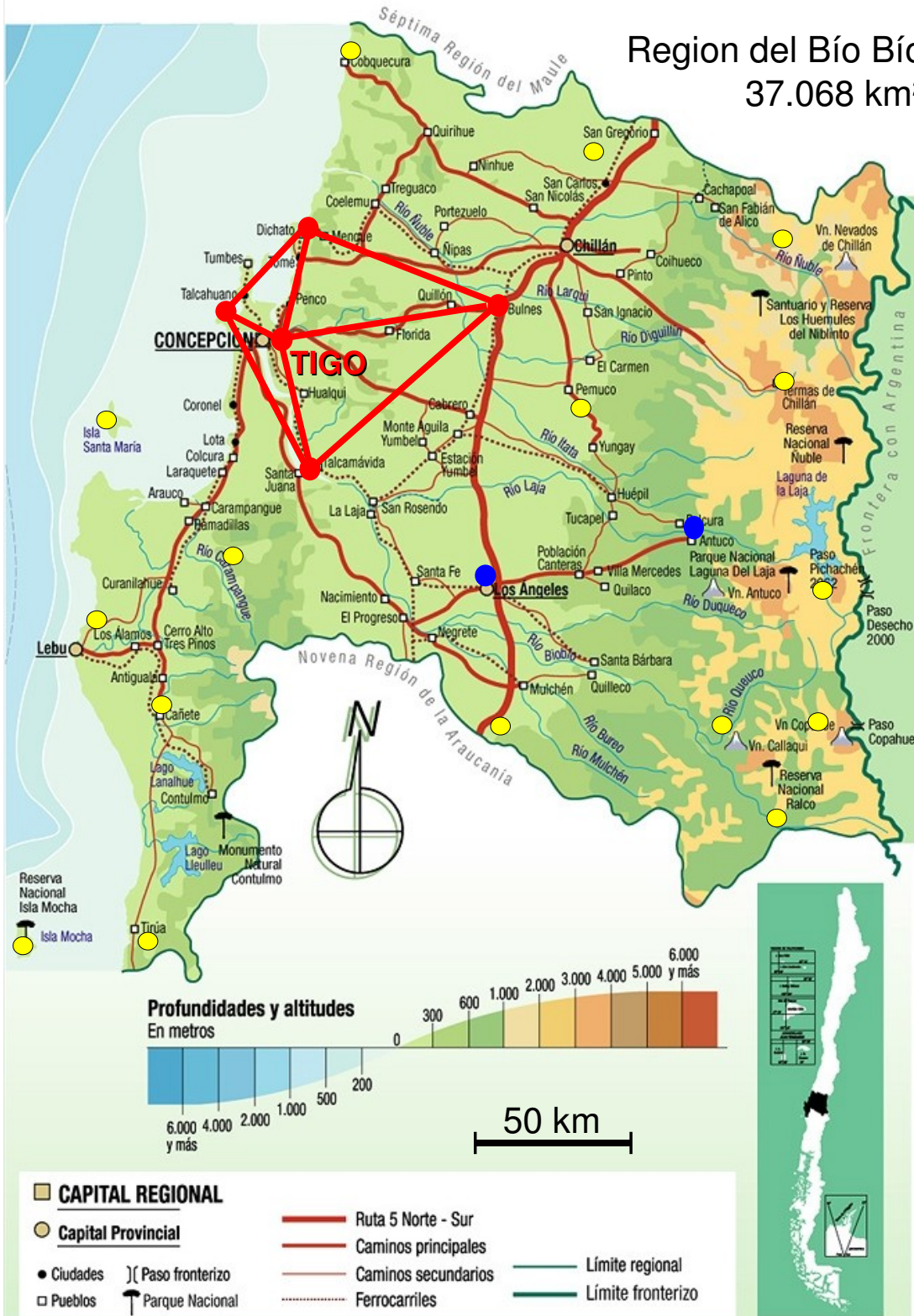


Dichato, GPS con mareógrafo



Faro Hualpen, GPS

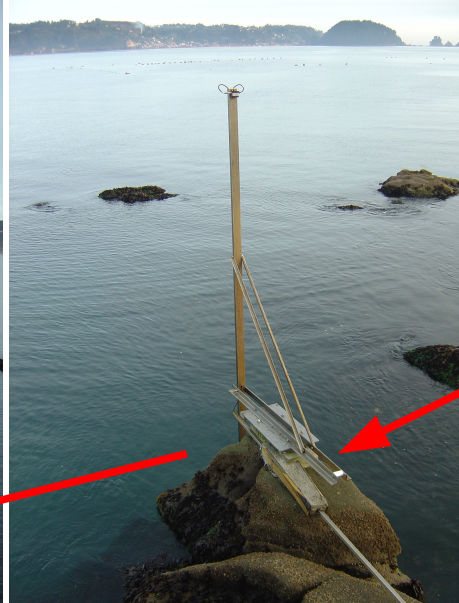
Region del Bío Bío
37.068 km²



Propuesta

Ampliación Red Regional de la 8 Región del Bío Bío

- Estaciones de GNSS permanentes para infraestructura geodésica regional
 - 5 de la red regional de TIGO
 - 2 estaciones de UdeC-UALA
 - 16 estaciones nuevas
- Colocación con **sismómetros** y **acelerómetros** para vigilar actividades tectónicas y volcánicas

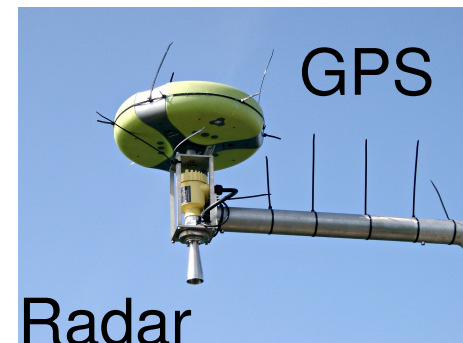


P/T/S
instalado

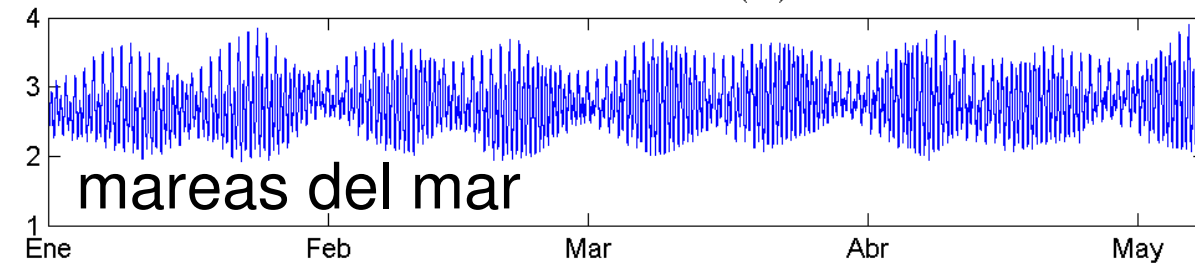
Mareógrafo de TIGO en Dichato

- Sensor de **presión** (con compensación de la presión de aire), **temperatura** y **salinidad** instalado desde noviembre 2007
- Sensor de **radar** pendiente (2008?)

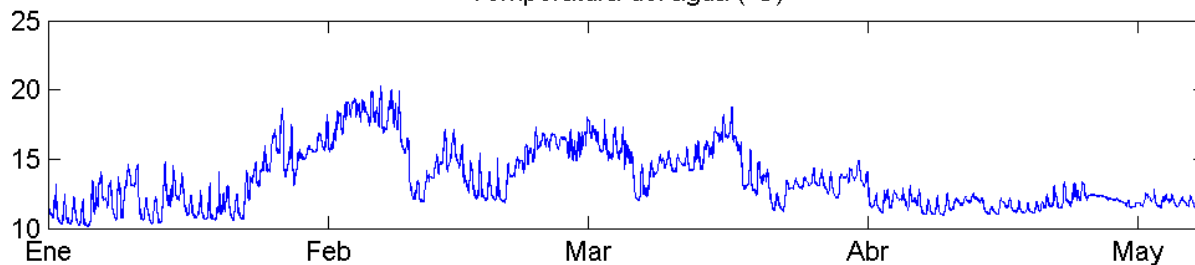
planificado



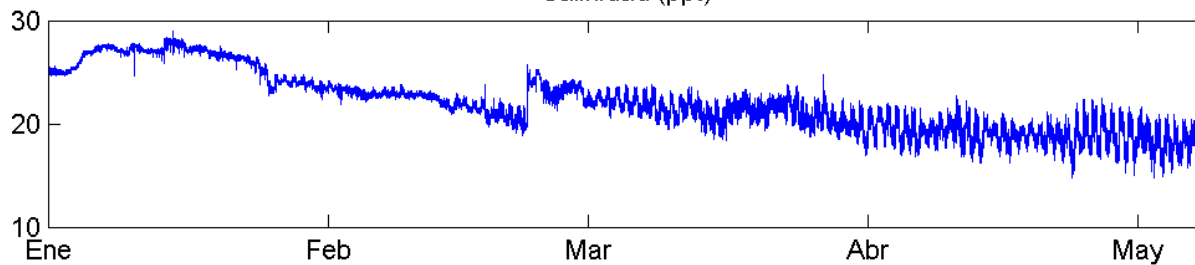
Altura del nivel del mar (db)



Temperatura del agua (°C)



Salinidad (ppt)



Conexión Mareógrafos a TIGO

2007: 42 km
70 nuevos puntos
de nivelación



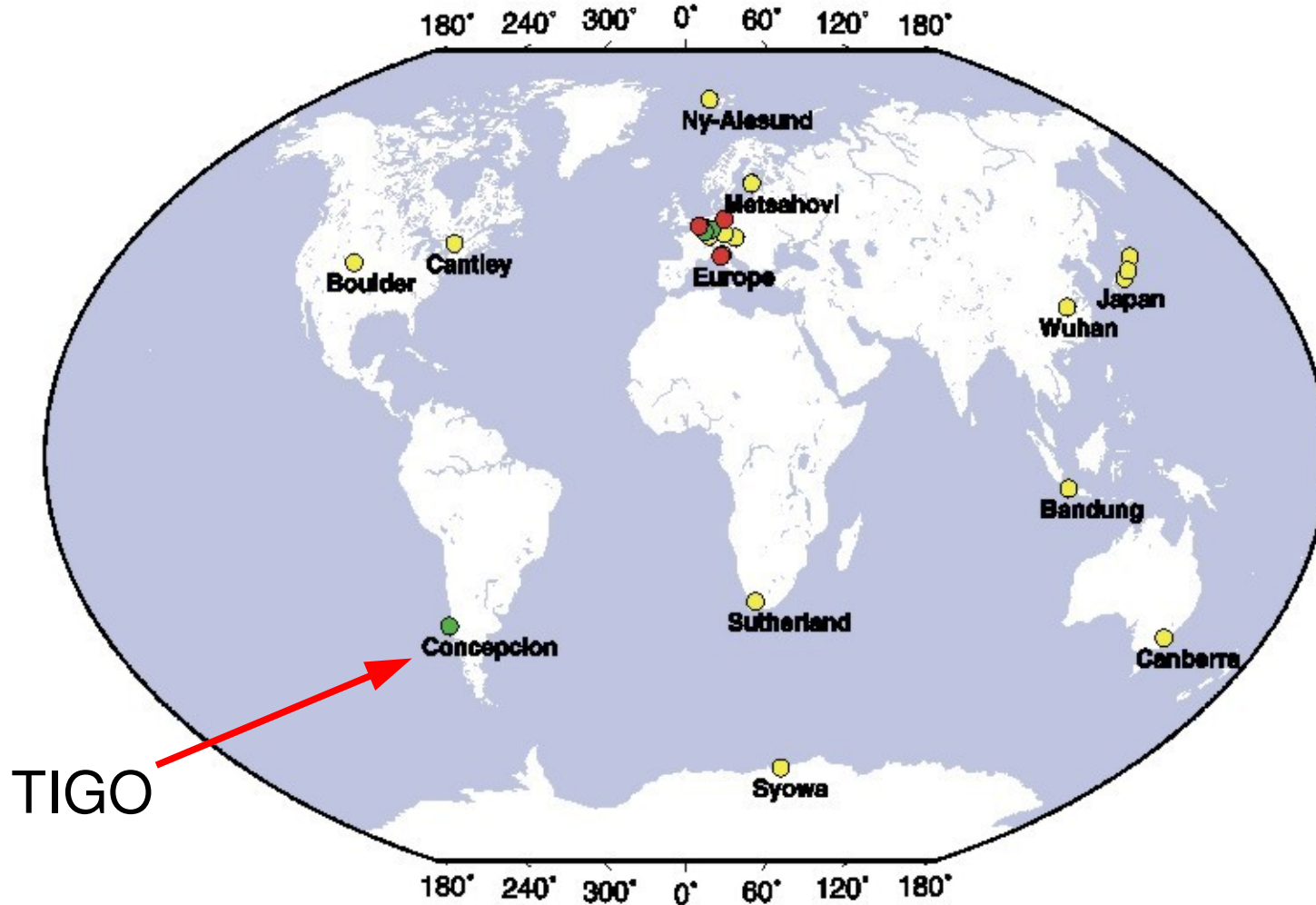
- Vínculo de mareógrafos en **Talcahuano** (SHOA) y **Dichato** (TIGO) realizado con nivel, gravimetría y GPS por el IGM (2006-2007)
- Línea de nivelación más precisa de Chile
- Contribución de TIGO a SIRGAS-Vertical

¡Gracias al IGM!



Global Geodynamics Project

GGP Stations 1997 - 2003



Gravímetro Super Conductor



- mide **mareas terrestres**: variabilidad de distancia entre centro de masa y superficie terrestre
- resolución: 10 nGal
- operable desde 12/02
- el **único** instrumento en América Latina!

Gravímetro Absoluto

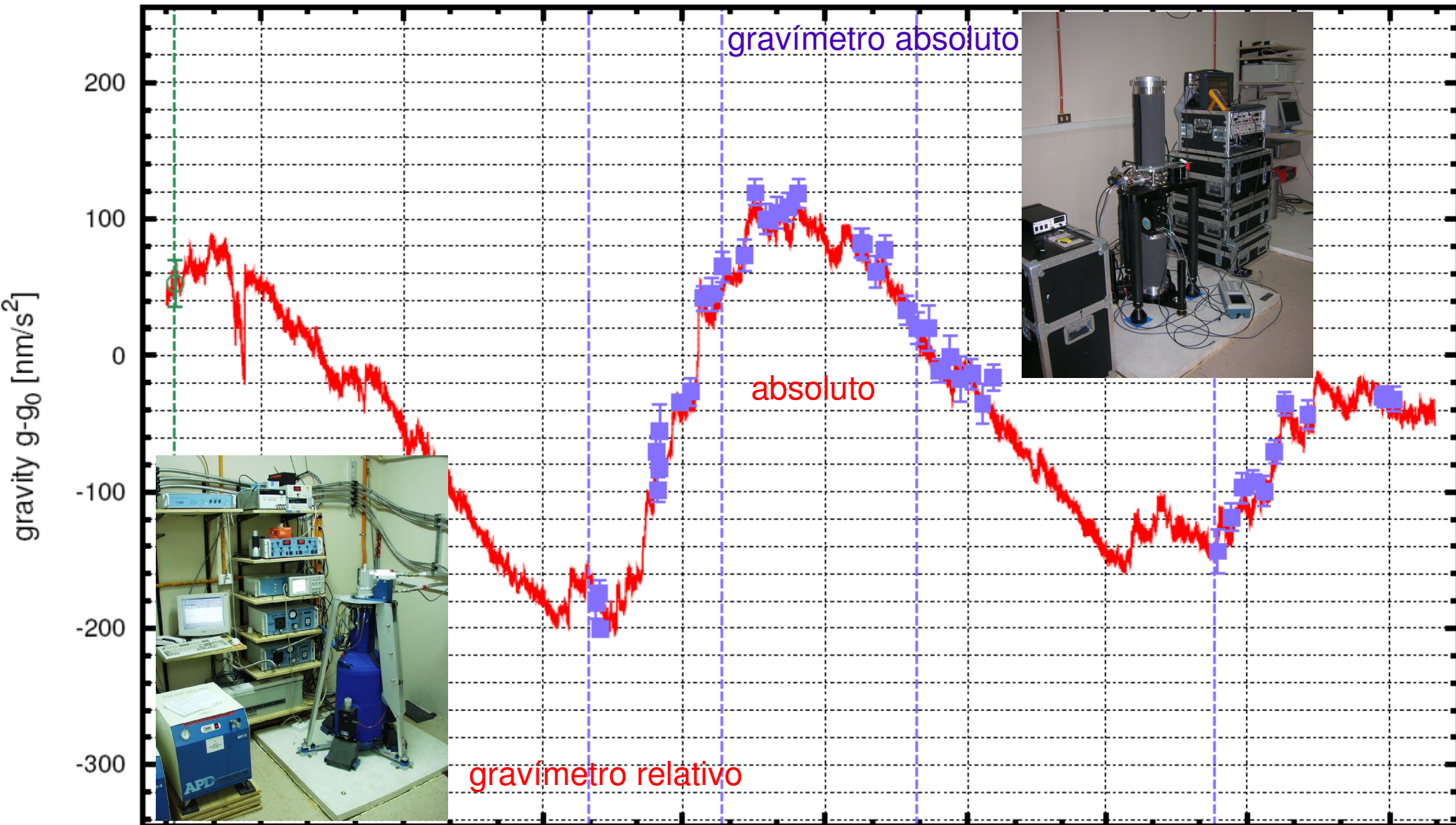


- mide la **gravedad absoluta**
 $g = 979924069,75 \mu\text{Gal}$
- resolución: $2 \mu\text{Gal}$
- operable desde 05/06
- principio: caída libre
 - distancia:
interferometría
 - intervalo de tiempo: reloj atómico
- define un **punto de referencia vertical**

Mediciones de Gravedad en TIGO

absolutas y relativas

TIGO 2005-2007 (no drift, 206 free) (SG38: Aug 2005 - Oct 2007): adjusted observations



Observatorio Geodésico TIGO

Concepción - Chile

oficinas

sensores
meteorológicos

radiotelescopio
VLBI

antena
GNSS

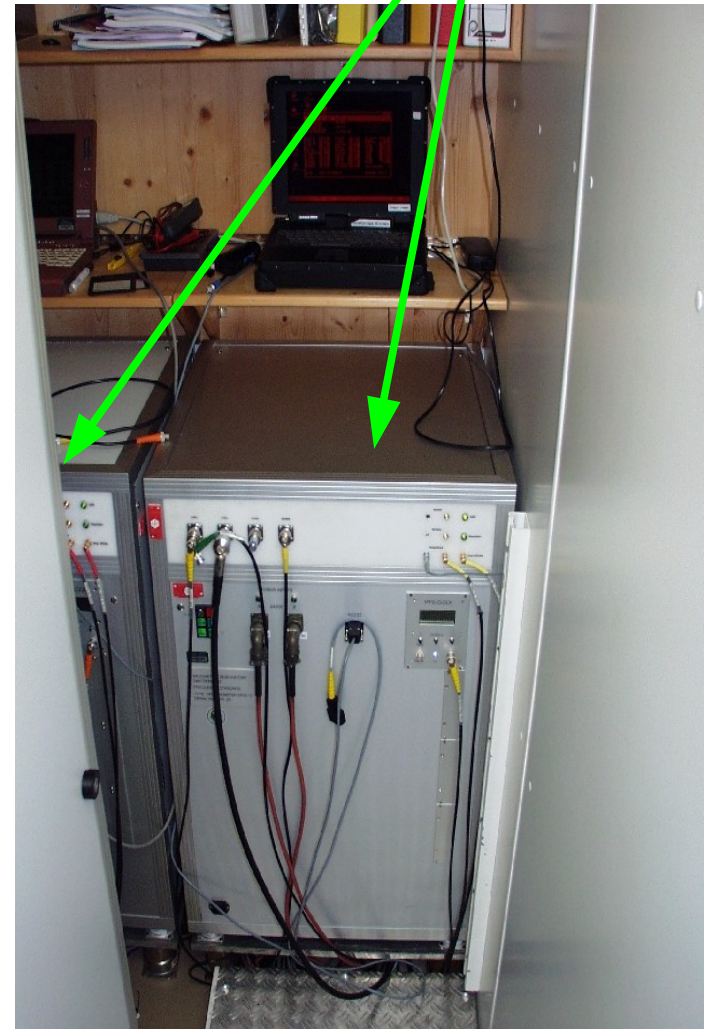
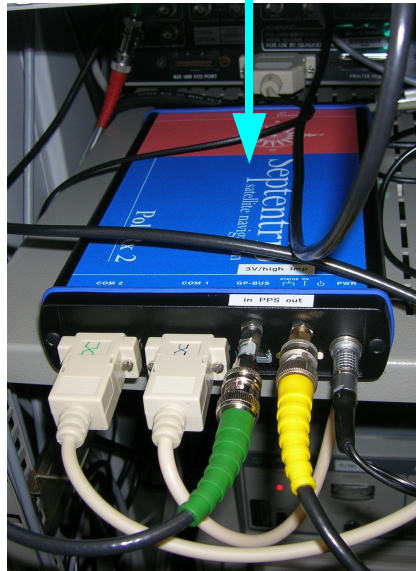
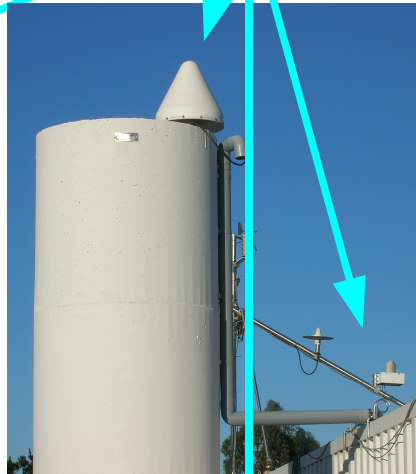
relojes atómicos

telescopio óptico
SLR

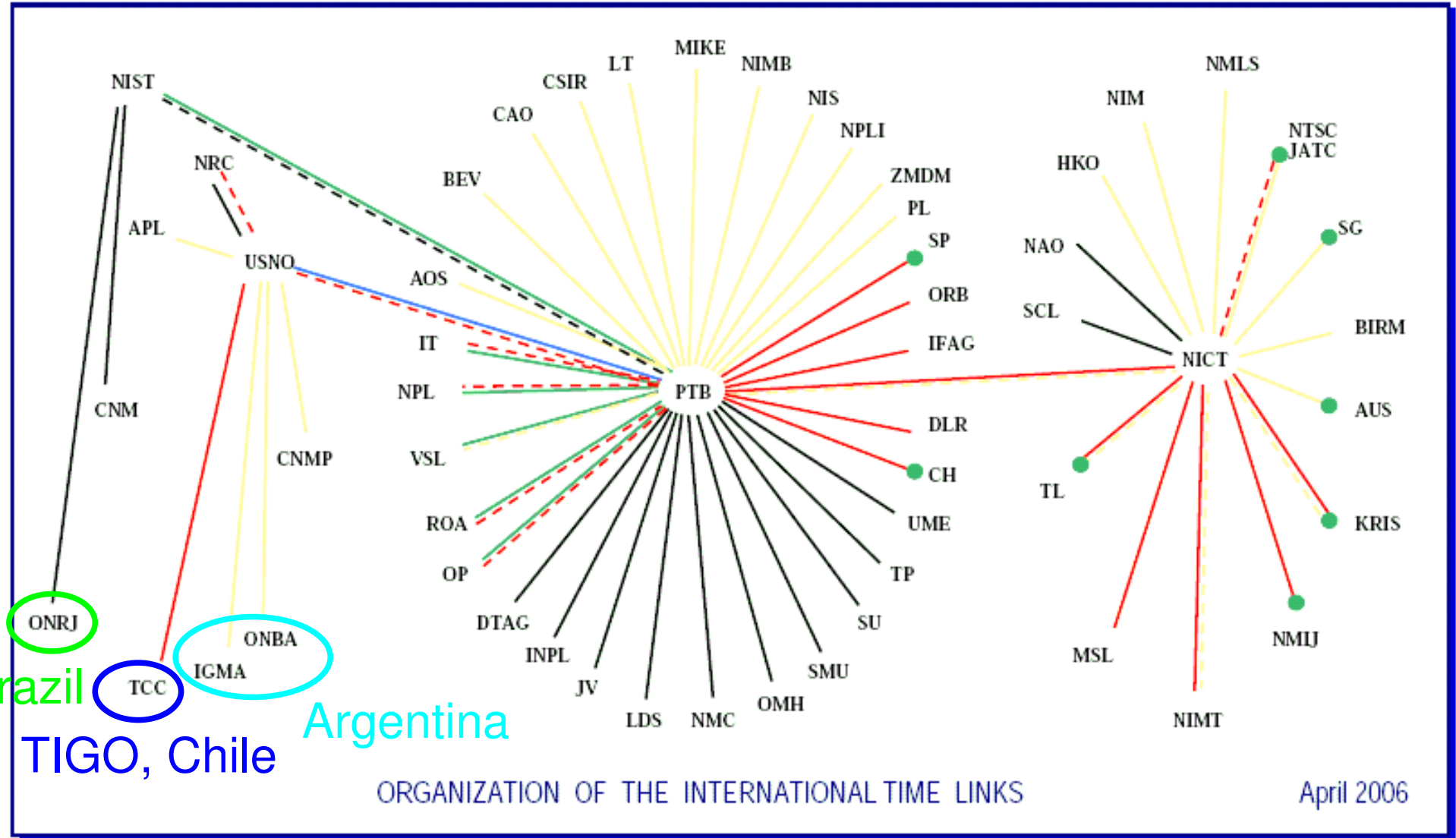


Laboratorio de Tiempo y Frecuencia, BIPM

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



Vínculos de relojes para el tiempo universal



ONRJ
 Brazil
 TCC
 TIGO, Chile
 ONBA
 IGMA
 Argentina

● Laboratory equipped with TWSTFT (not yet used)	— GPS CV multi-channel link
— TWSTFT by Ku band with X band back-up	- - - GPS CV multi-channel back-up link
— TWSTFT link	— GPS CV dual frequency link
— GPS CV single-channel link	- - - GPS CV dual frequency back-up link
- - - GPS CV single-channel back-up link	



por cortesía F. Arias

Realizaci3n s



Del segundo al metro

Definici3n: Segundo

Un segundo es igual a 9.192.631.770 per3odos de radiaci3n correspondiente a la transici3n entre los dos niveles hiperfinos del estado fundamental del is3topo 133 del 3tomo de cesio (^{133}Cs), medidos a 0 K.

+

Definici3n: Velocidad del luz

La velocidad de la luz en el vac3o es por definici3n una constante universal de valor $c = 299.792.458 \text{ m/s}$.

Definici3n: Metro

Se define como la longitud del trayecto recorrido en el vac3o por la luz durante un tiempo de $1/299\,792\,458 \text{ s}$. (aprox. 30,66 periodos o 3,34 ns).

Realizaciones m: SLR, GNSS, VLBI, interferometr3a con luz 3aser

¿Dónde está TIGÓ?

Océano Pacífico

Hualpén

Talcahuano

San Pedro
de la Paz

Concepción

Río Bío Bío

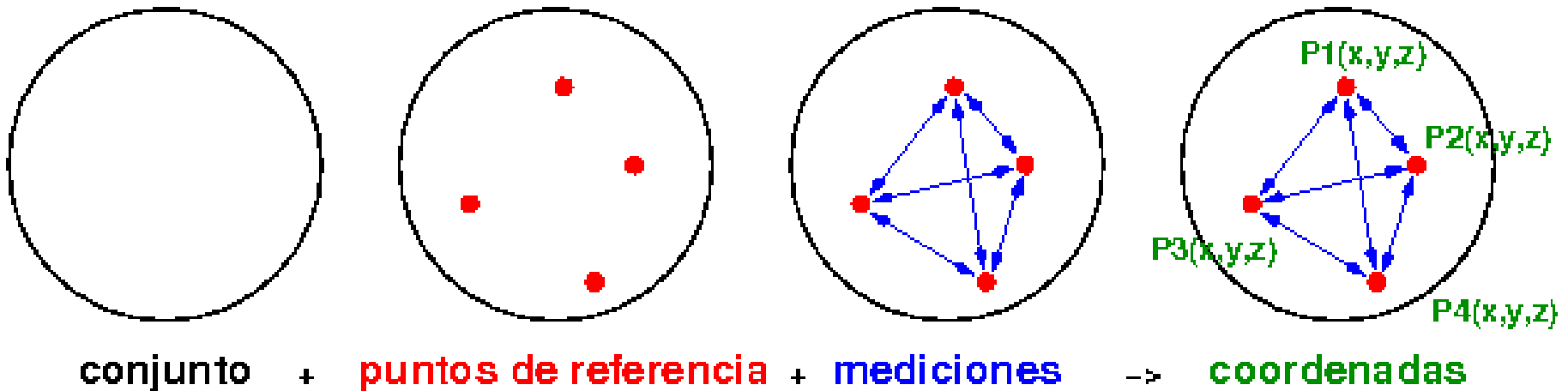
TIGÓ



¿Qué es la geodesia?



“Geodesia es la ciencia que determina la *figura* y el *tamaño* de la Tierra y su *campo gravitacional*.”
(Helmert, 1887)



“Geodesia es la geometría aplicada a la Tierra.”

Importancia de Tiempo

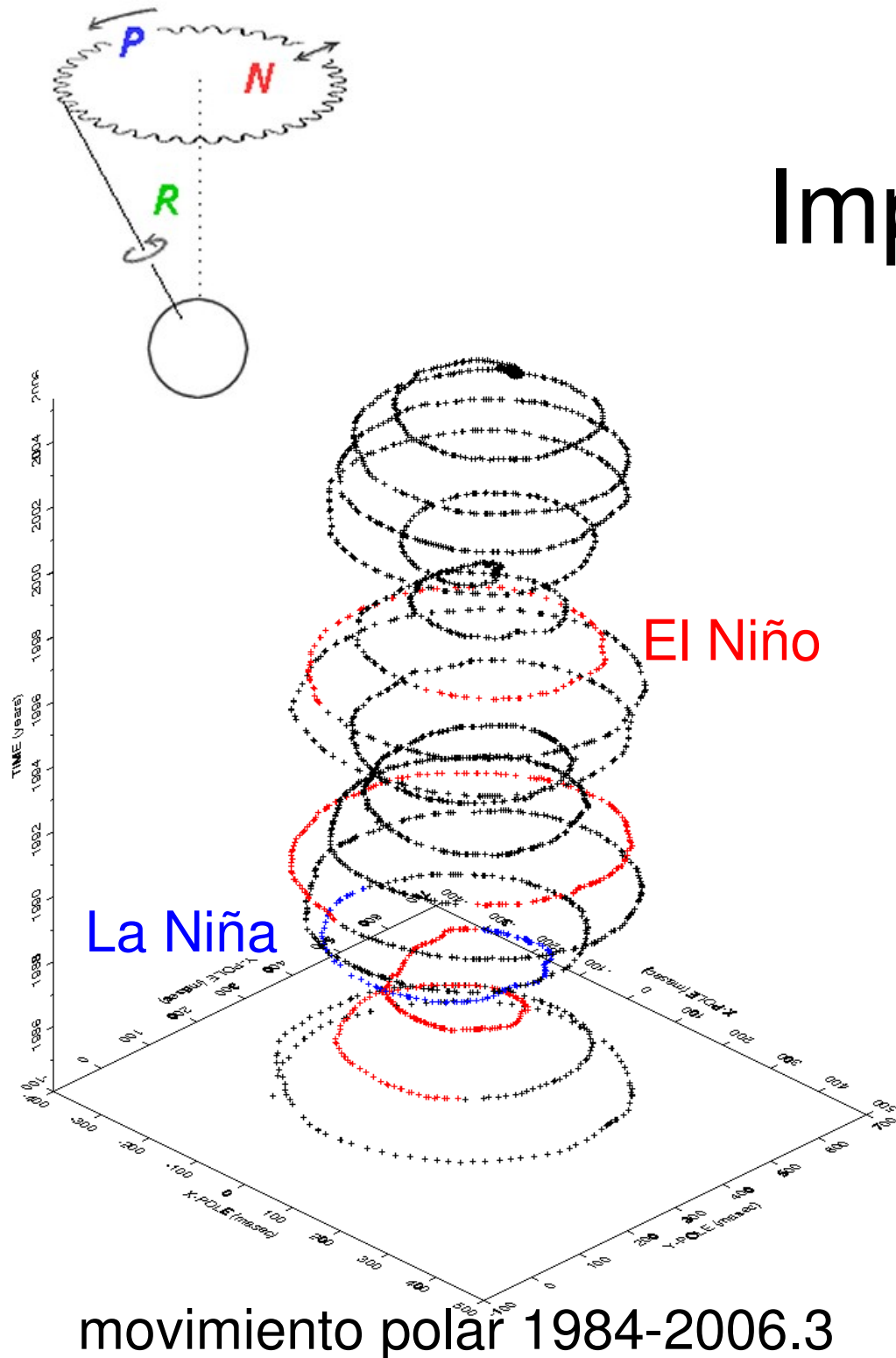


normal de frecuencia cesio
define el segundo y también
el metro.

9.192.631.770 periodos = 1 s
30,66 periodos \approx 1 m

- El *segundo* es una unidad primaria y está definido por el reloj atómico de cesio.
- El *metro* es una unidad secundaria y es derivado del segundo y la constancia de velocidad de la luz (299.792.458 m/s).
- La **escala métrica** está definida por los relojes de cesio.

Importancia de VLBI



- define la **orientación** de la tierra en el espacio a través de

- precesión
- nutación
- movimiento polar
- velocidad de rotación

- orientación: ± 0.2 mas
- velocidad: ± 0.2 ms



SMART-1 caida a la luna observado por TIGO 2006-09-03 01:42:22 UT

Small
Missions for
Advanced
Research in
Technology



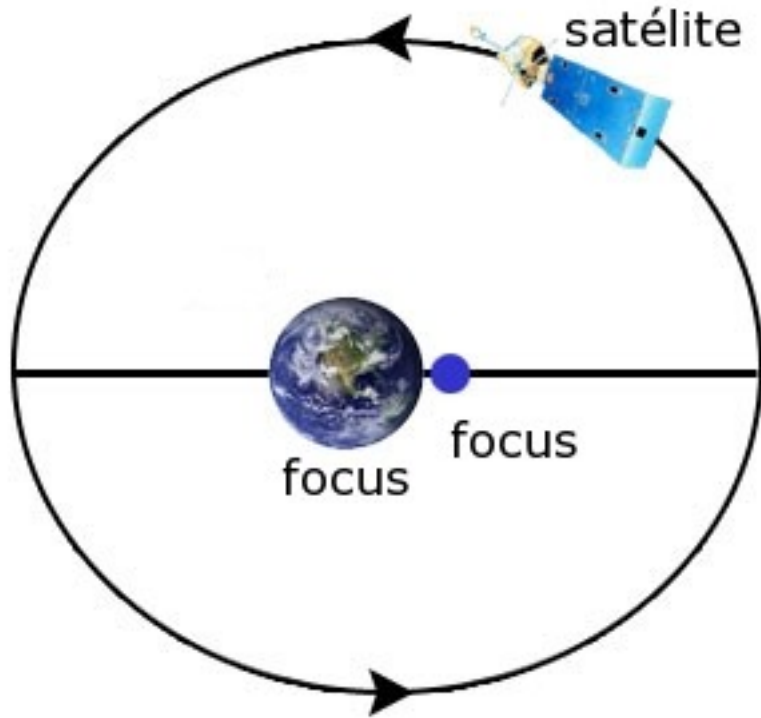
Error: ± 2 cm



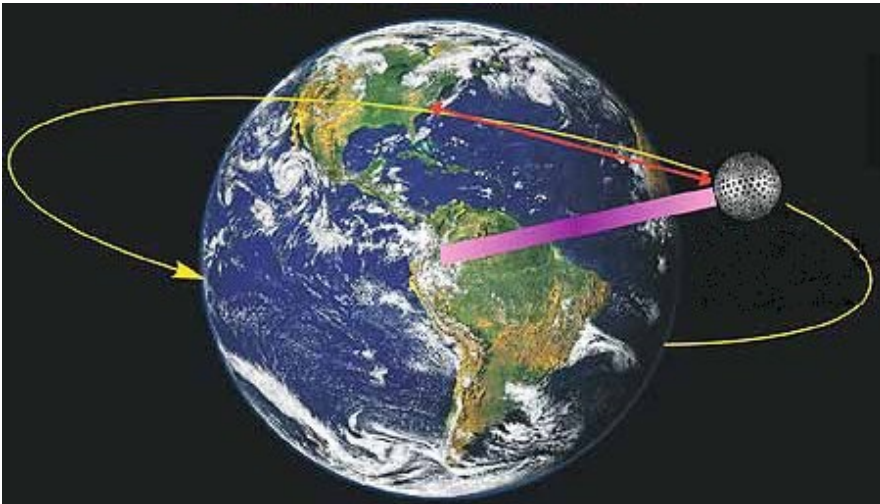
WWW.ESA.INT

primera misi3n lunar de la ESA

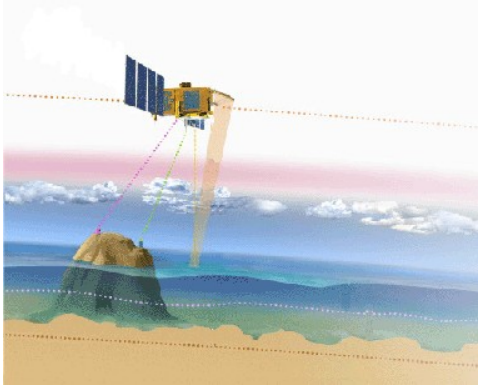
Importancia de SLR



- Las órbitas de satélites tienen en su foco el centro de la masa de la Tierra. → **origen**
- Intervalos de tiempo de medición introducen la **escala**.



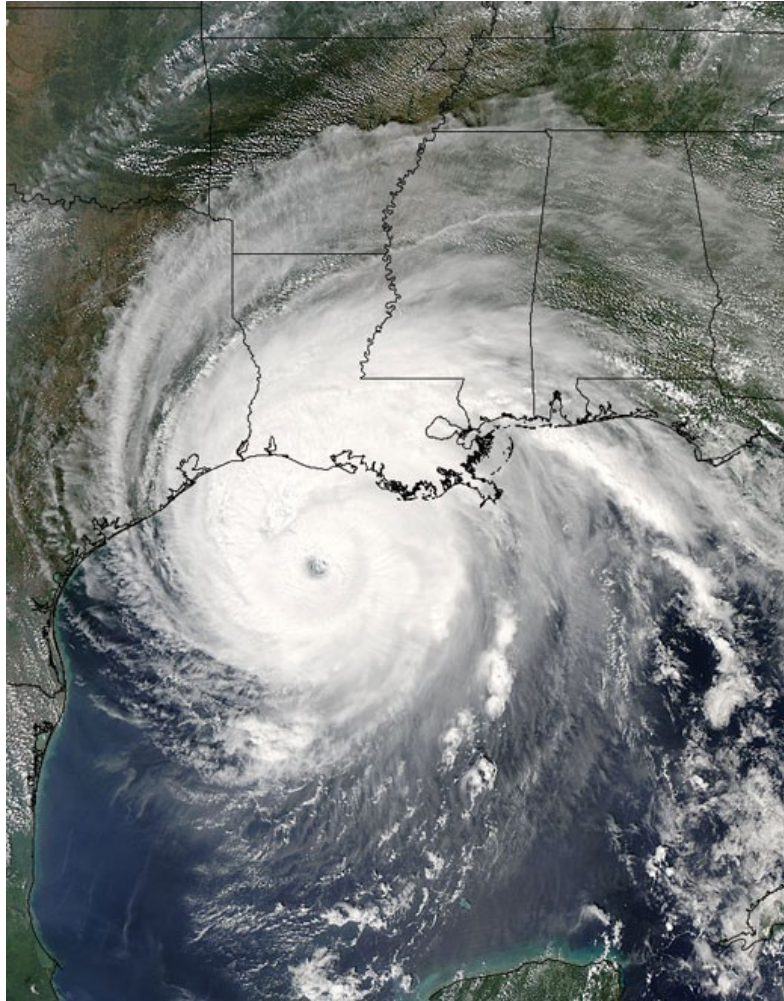
SLR para calibración



GFO-1

Petición al ILRS:

- 2005: calibrar los altímetros para saber la altitud de ondas del mar provocado por el huracán Rita. (GFO-1 con problemas)



2005-09-23 Huracán Rita



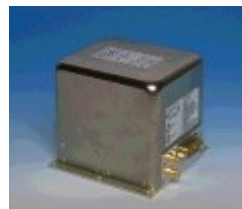
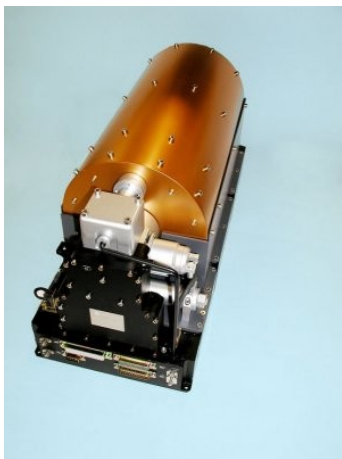
2005-09-24 Presidente Bush, NorthCom Base

SLR para calibración



Petición al ILRS:

- 2006: determinar órbita de GIOVE-1 con SLR para la sincronización de relojes atómicos a bordo



reloj rubidio, 3.6ns/24h

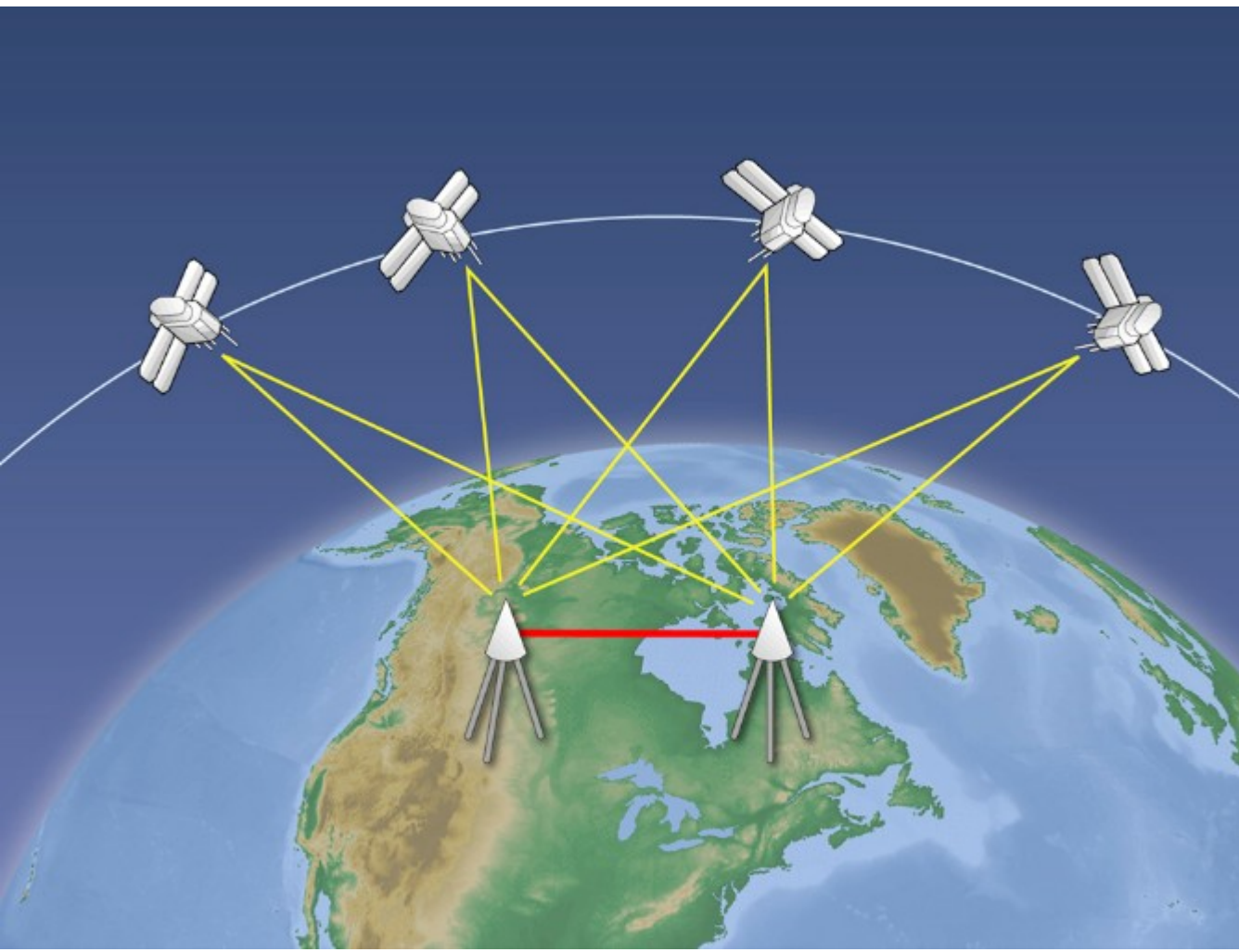
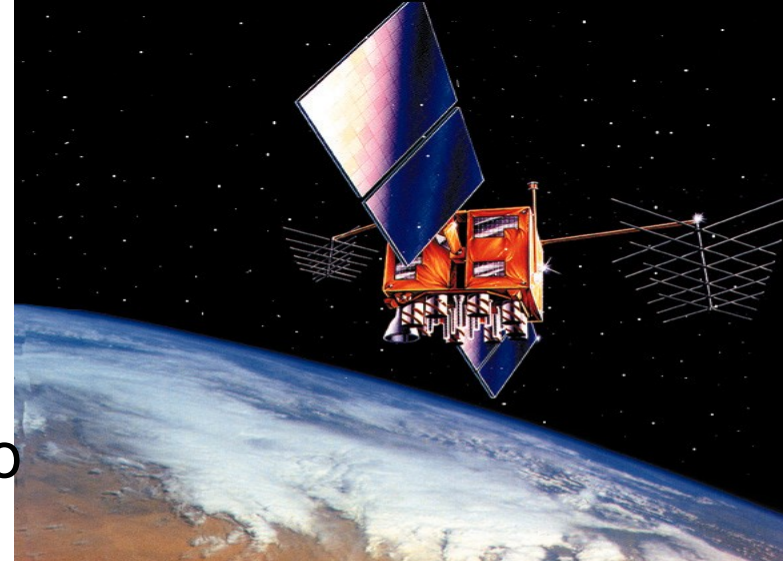
reloj maser hidrógeno, 0.9ns/24h



GNSS

Global Navigation
Satellite System

GPS + Glonass + Galileo



TIGO



GPS + Glonass

Punto TIGO N° 200
Lat: 34° 50' 37.5429" Long: 72° 01' 31.7326"
Altura elipsoidal: 180,704 mts
Datum: SIRGAS (WGS - 84) Elipsoide: GRS 80
Coordenadas referidas a época 2002.0

Sensores complementarios en TIGO

- sismómetro de banda ancha
- estación meteorológica:
 - temperatura,
 - humedad,
 - presión de aire,
 - velocidad y dirección de viento,
 - cantidad de lluvias,
 - vapor de agua en la tropósfera
- humedad de suelo
- inclinómetros en fundamentos

