



# 12<sup>as</sup> Jornadas de Capacitación Regional en Georreferenciación

*Dictadas por el*  
**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL**

*21 y 22 de abril de 2015 – San Fernando del Valle de  
Catamarca, Catamarca*



# Sistemas y Marcos de Referencia Geodésicos

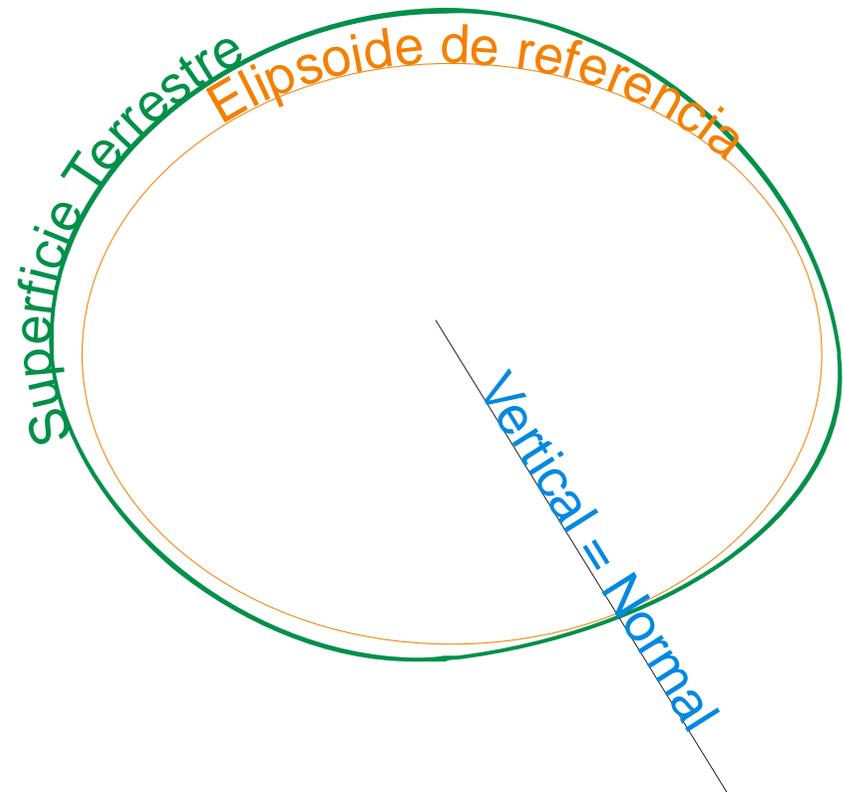


# Sistema de Referencia

- Es un soporte matemático para asignar coordenadas a puntos medidos sobre la superficie terrestre. Parte de definiciones teóricas y convencionales basadas en mediciones.
  
- Es necesario definirlos para establecer la posición de puntos que respondan a un Sistema de Coordenadas con un **origen**, una **orientación** y una **escala** que sea accesible para todos los usuarios.
  - Sistema Local
    - Un punto **Datum** y un elipsoide de revolución.
  
  - Sistema Global
    - Terna de ejes cartesianos ortogonales, cuyo origen coincide prácticamente con el centro de masas terrestre.

# Sistema de Referencia Local

- Se define un punto **Datum** donde coinciden la normal al elipsoide y al geoide (**Origen**), definición de Latitud y Longitud.
- Esta definición es **local** ya que cambia con la **posición geográfica** del punto Datum.
- Sistema **planimétrico**, sin alturas asociadas.



# Sistema de Referencia Local

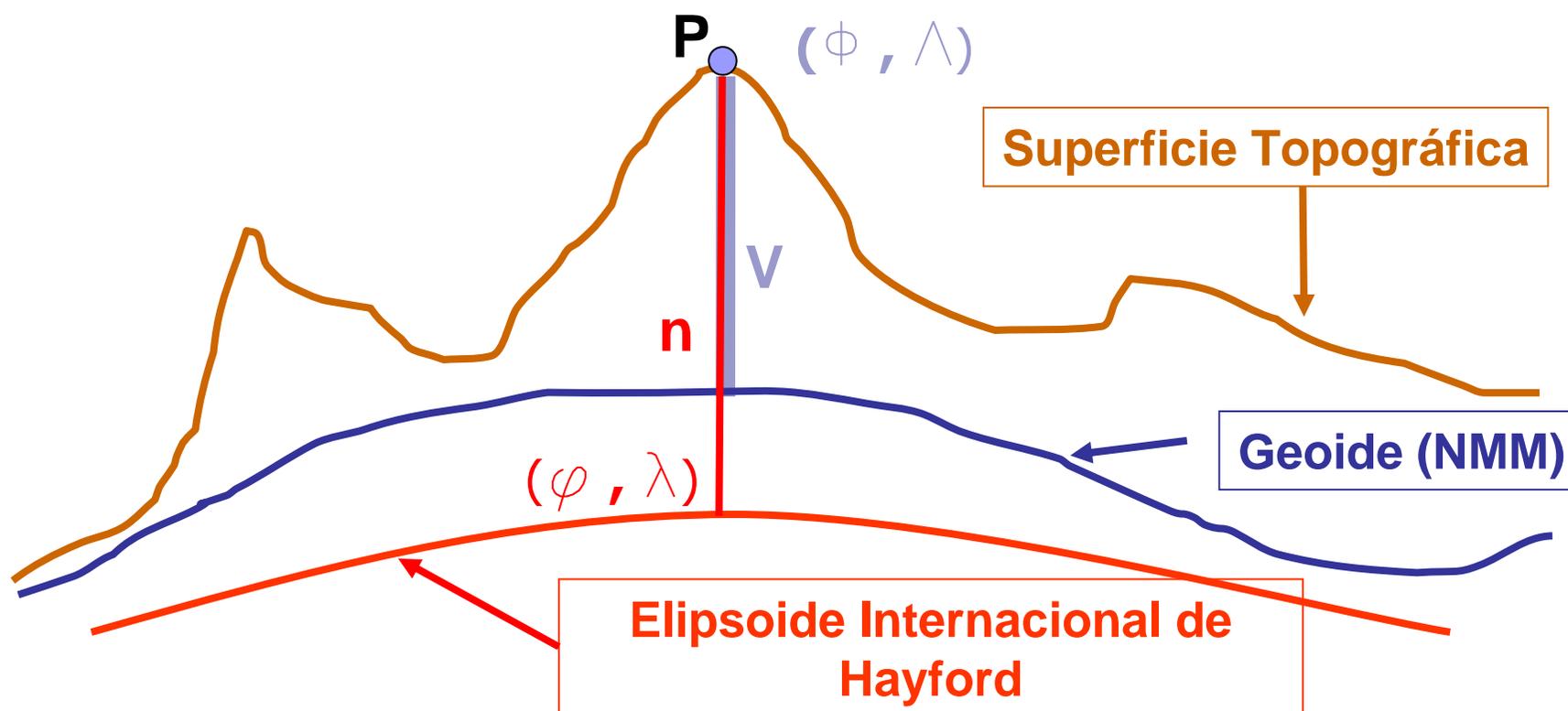
$V$  = Vertical del lugar (normal al geoide)

$(\phi, \Lambda)$  = Coordenadas astronómicas (Latitud y Longitud)

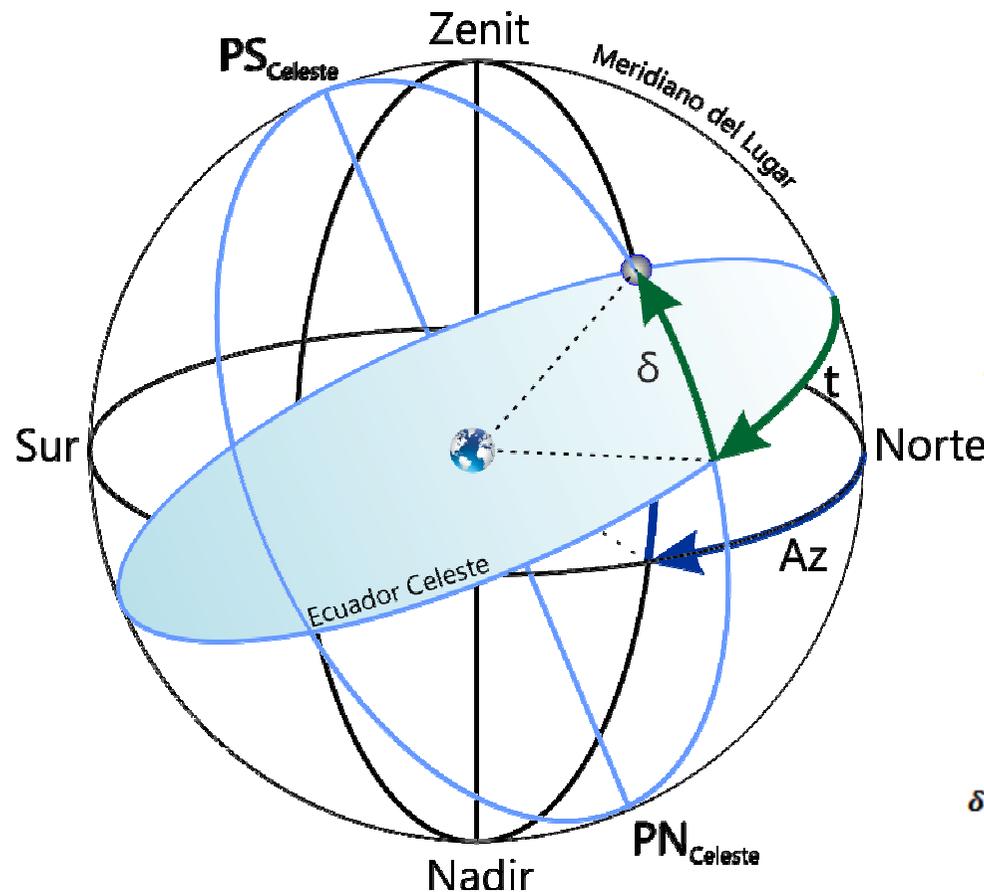
$n$  = Normal a la superficie del elipsoide

$(\varphi, \lambda)$  = Coordenadas geodésicas (Latitud y Longitud)

$P$  = Punto DATUM ( $V$  coincide con  $n$ )  $\Leftrightarrow$   $(\phi, \Lambda)$  coinciden con  $(\varphi, \lambda)$



# Sistemas de Coordenadas Celestes



## Horizontales

- Acimut (**Az**)
- Altura (**h**)

$$Az = \text{arcSen} \left[ \frac{\text{Sen}(t) \cdot \text{Cos}(\delta)}{\text{Cos}(h)} \right]$$

$$h = \text{arcSen}[\text{Sen}(\phi) \cdot \text{Sen}(\delta) + \text{Cos}(\phi) \cdot \text{Cos}(\delta) \cdot \text{Cos}(t)]$$

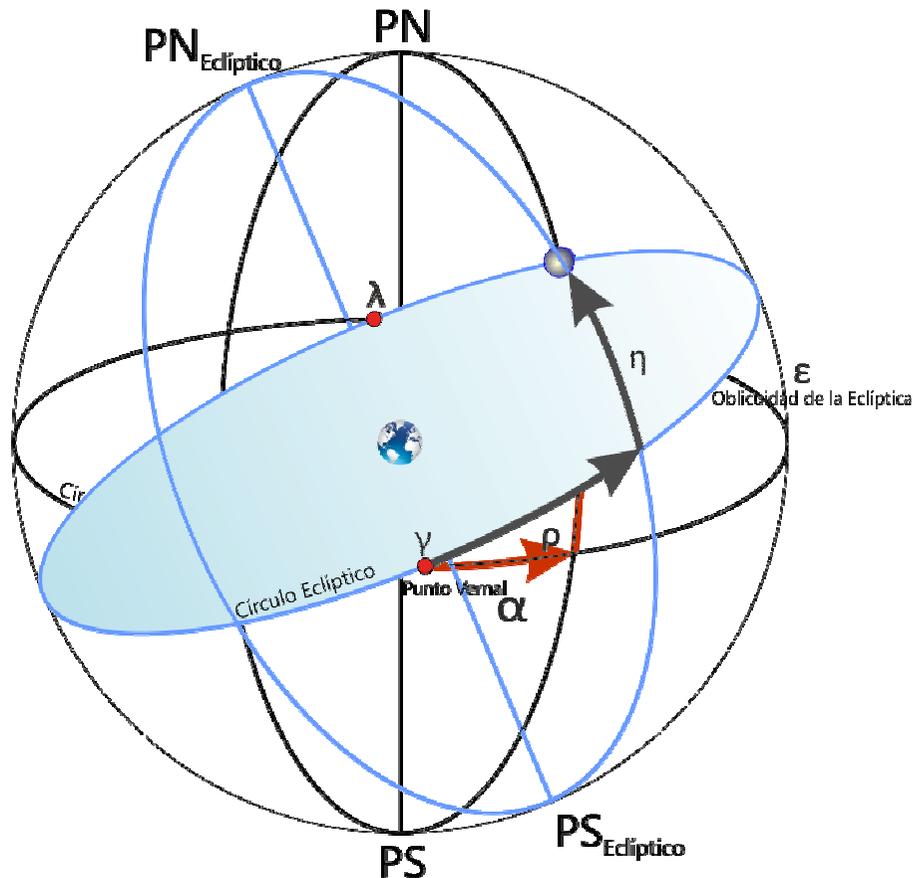
## Ecuatoriales Horarias

- Ángulo Horario (**t**)
- Declinación (**δ**)

$$t = \text{arcSen} \left[ \frac{\text{Sen}(Az) \cdot \text{Cos}(h)}{\text{Cos}(\delta)} \right]$$

$$\delta = \text{arcSen}[\text{Sen}(\phi) \cdot \text{Sen}(h) - \text{Cos}(\phi) \cdot \text{Cos}(h) \cdot \text{Cos}(Az)]$$

# Sistemas de Coordenadas Celestes



## Ecuatoriales Absolutas

- Ascensión Recta ( $\alpha$ )
- Declinación ( $\delta$ )

$$\alpha = \arccos \left[ \frac{\cos(\eta) \cdot \cos(\rho)}{\cos(\delta)} \right]$$

$$\delta = \arcsen[\cos(\epsilon) \cdot \text{Sen}(\eta) + \text{Sen}(\epsilon) \cdot \cos(\eta) \cdot \cos(\rho)]$$

## Eclípticas

- Latitud Eclíptica ( $\eta$ )
- Longitud Eclíptica ( $\rho$ )

$$\rho = \arccos \left[ \frac{\cos(\delta) \cdot \cos(\alpha)}{\cos(\eta)} \right]$$

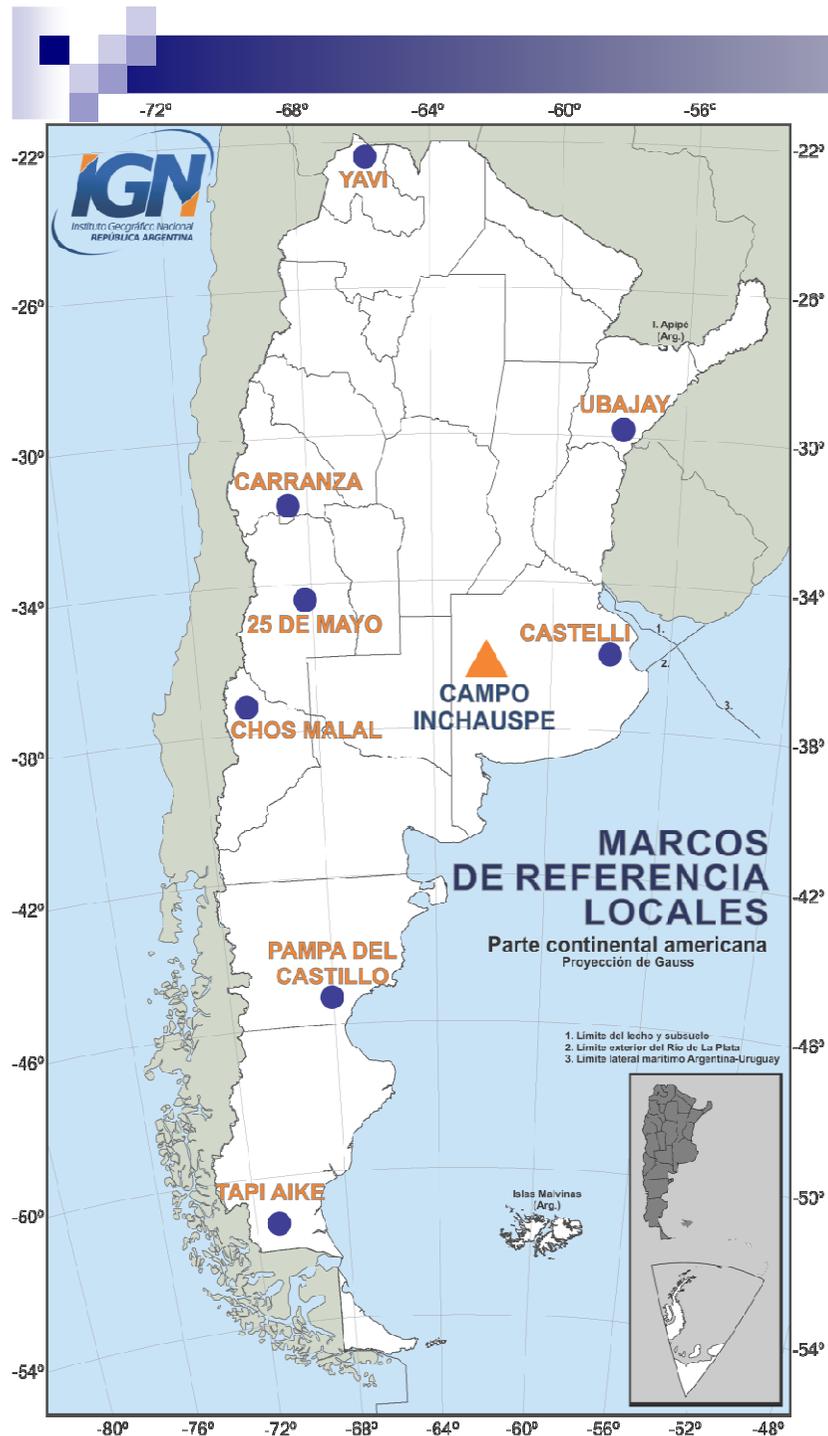
$$\eta = \arcsen[\cos(\epsilon) \cdot \text{Sen}(\delta) - \text{Sen}(\epsilon) \cdot \cos(\delta) \cdot \cos(\alpha)]$$

# Marcos de Referencia

- **Materialización** de un Sistema de Referencia mediante mediciones.
- Está constituido por las **coordenadas** de una red de puntos que lo definen.
- Las coordenadas de los mismos son consistentes entre sí para una **época** en particular



*Pto. Datum Campo Inchauspe*

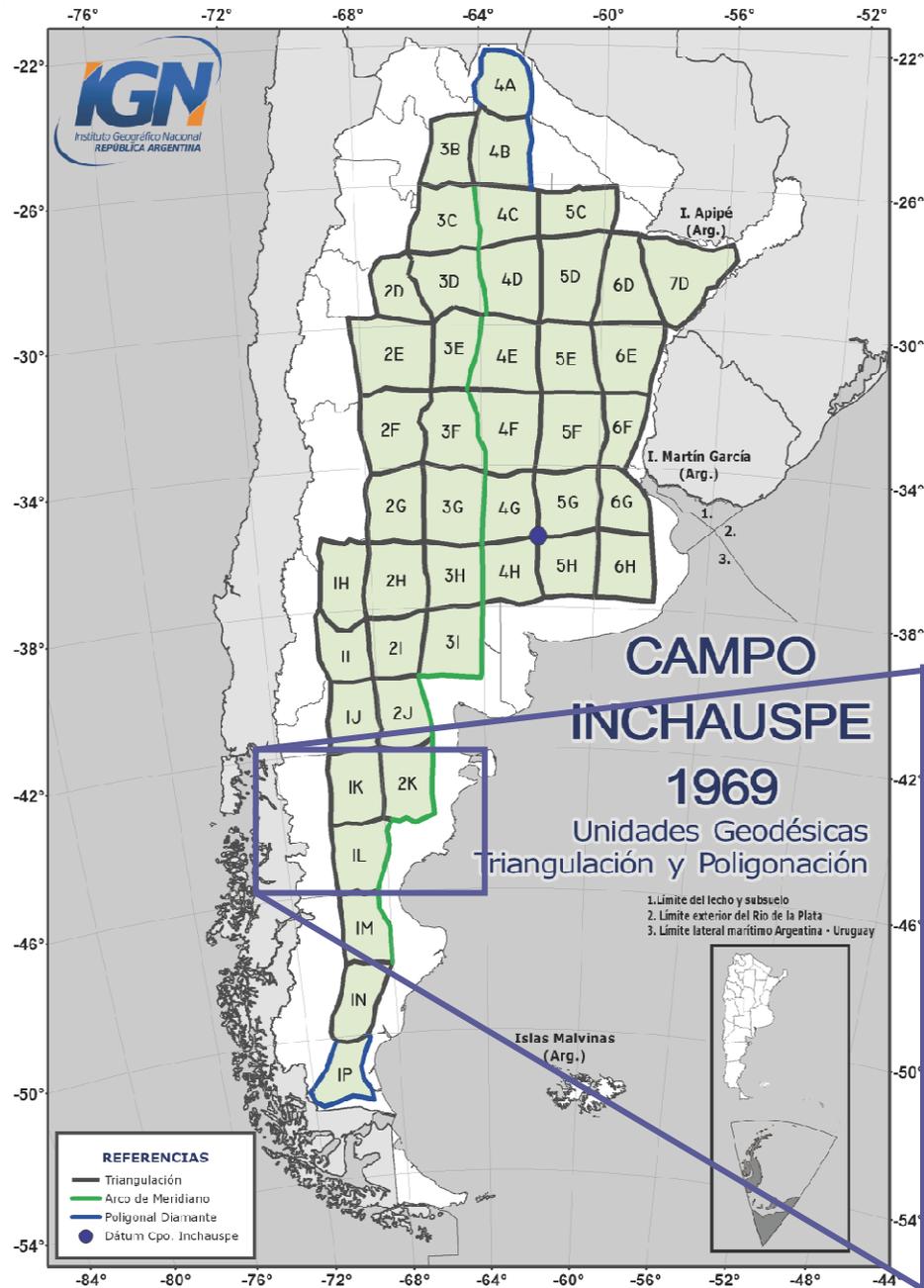
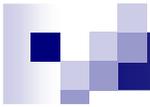


# Marcos de Referencia Locales

Marcos históricos de Argentina.

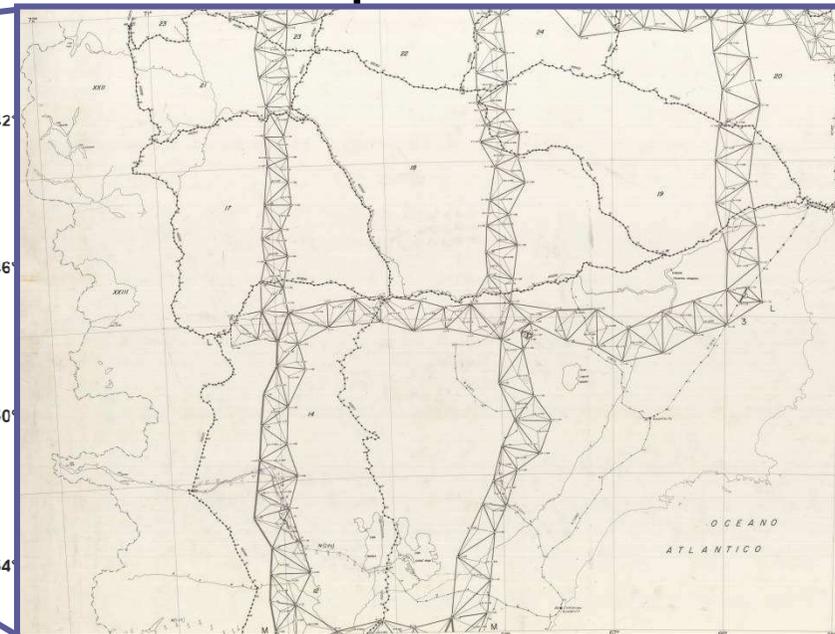
- Yavi
- Aguaray
- Carranza
- 25 de Mayo
- Castelli
- Campo Inchauspe**
- Chos Malal
- Pampa del Castillo
- Tapi Aike

- Fueron materializados en función de las necesidades de generación de cartografía en las distintas regiones del país



# Marco de Referencia Local Campo Inchauspe

- Origen en el Punto astronómico denominado Campo Inchauspe



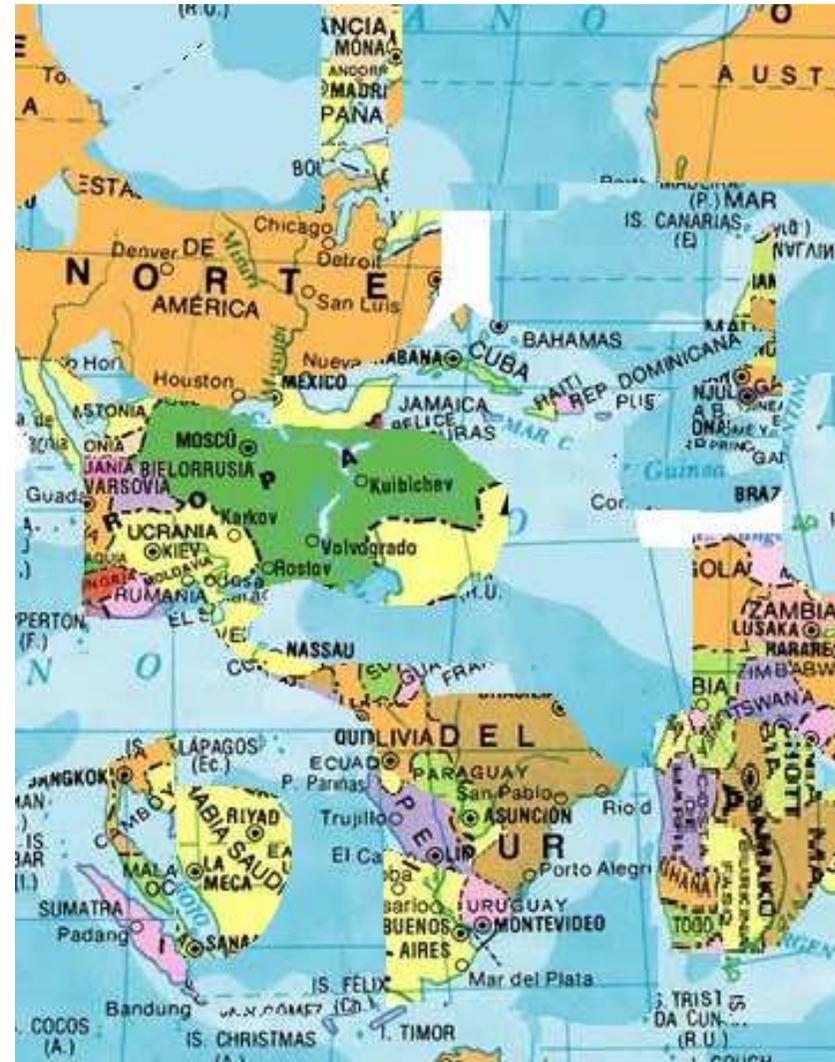


## Marcos de Referencia

- El Marco de Referencia Geodésico es el soporte para la confección de cartografía. Sin Marco de Referencia Geodésico no hay cartografía posible.
- Un Marco de Referencia Geodésico Nacional debe ser **ÚNICO**.

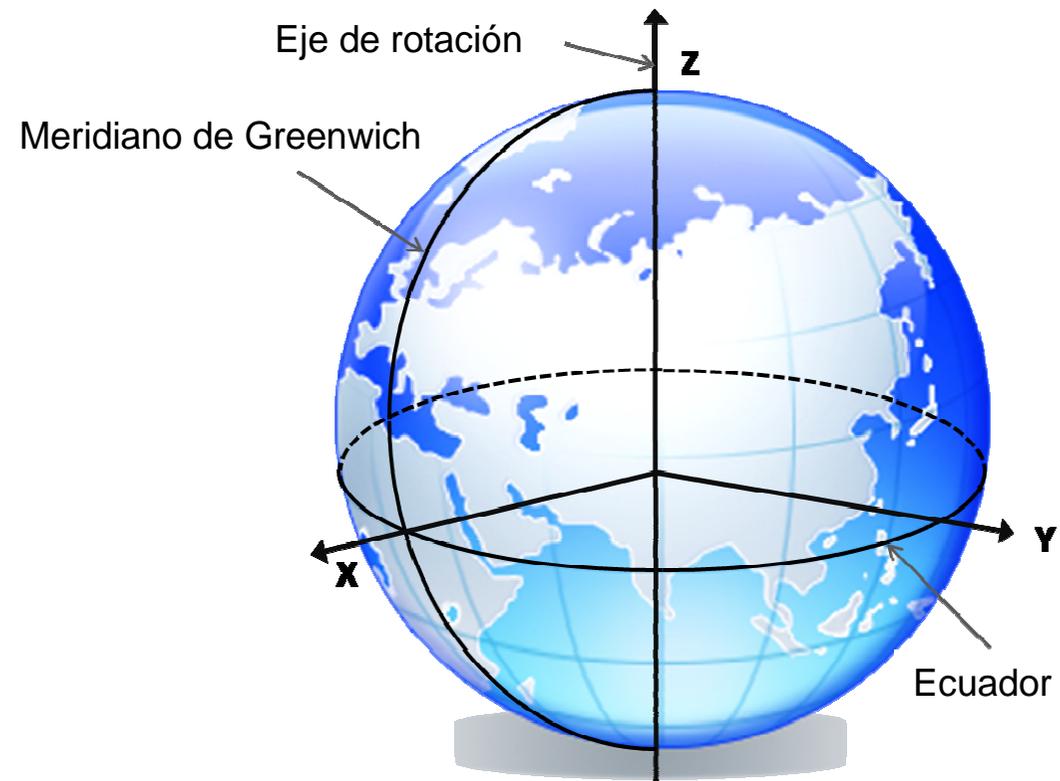
# Marcos de Referencia

¿Qué ocurriría si no se utilizara un Marco de Referencia Único?



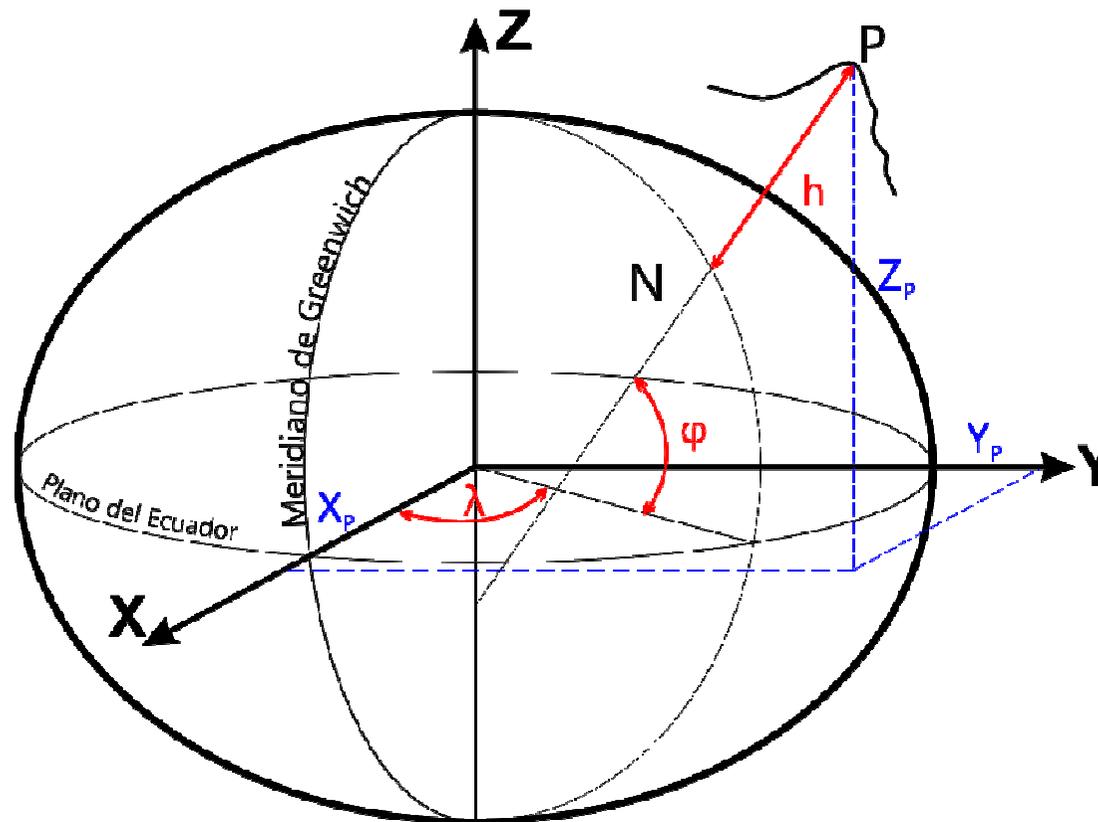
# Sistema de Referencia Global

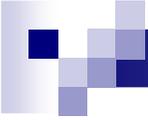
- Origen coincidente con el geocentro (centro de masa de la Tierra).
- Eje Z, paralelo a la dirección del polo para una época determinada.
- Eje X, coincidente con el plano meridiano de Greenwich para una época determinada.
- Eje Y, situado en el plano ecuatorial y perpendicular al plano XZ.
- Coordenadas cartesianas tridimensionales **XYZ**



# Sistema de Referencia Global

- Para mejor interpretación de la ubicación se aplica transformación  $(X, Y, Z) \rightarrow (\varphi, \lambda, h)$





# Parámetros de elipsoides

## **Elipsoide Hayford:**

Semieje mayor (a) = 6.378.388 m

Achatamiento (f) = 1 / 297

## **Elipsoide WGS 84 :**

Semieje mayor (a) = 6.378.137 m

Achatamiento (f) = 1 / 298,257223563

## **Elipsoide GRS 80 :**

Semieje mayor (a) = 6.378.137 m

Achatamiento (f) = 1 / 298,257222101

# Relación entre Sistemas de Coordenadas

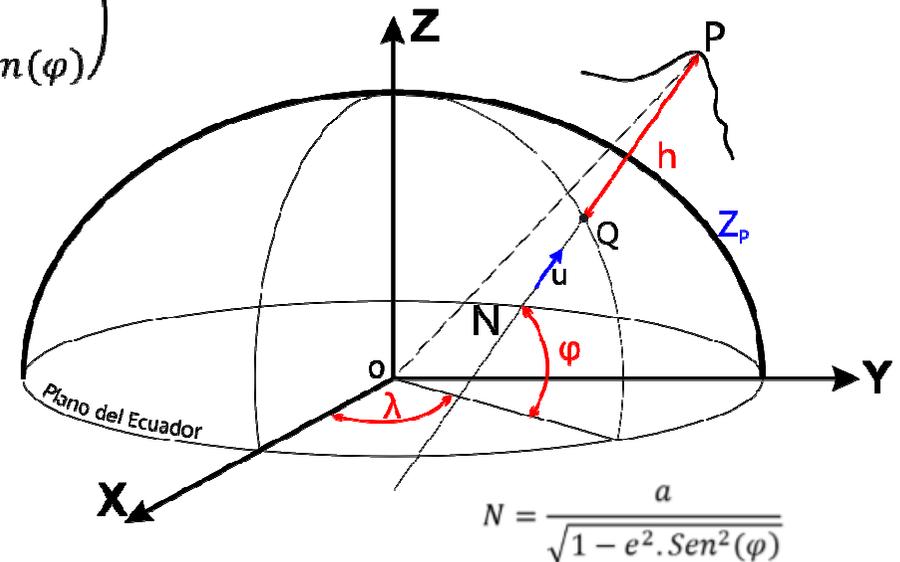
$$(X, Y, Z) \longrightarrow (\varphi, \lambda, h)$$

$$\overline{OQ} = \begin{pmatrix} XQ \\ YQ \\ ZQ \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} N \cdot \text{Cos}(\varphi) \cdot \text{Cos}(\lambda) \\ N \cdot \text{Cos}(\varphi) \cdot \text{Sen}(\lambda) \\ N \cdot (1 - e^2) \cdot \text{Sen}(\varphi) \end{pmatrix} = N \cdot \bar{u} - \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ N \cdot e^2 \cdot \text{Sen}(\varphi) \end{pmatrix}$$

$$\bar{h} = \overline{QP} = \begin{pmatrix} N \cdot \text{Cos}(\varphi) \cdot \text{Cos}(\lambda) \\ N \cdot \text{Cos}(\varphi) \cdot \text{Sen}(\lambda) \\ h \cdot \text{Sen}(\varphi) \end{pmatrix} = h \cdot \bar{u}$$

$$\overline{OP} = \overline{OQ} + \overline{QP}, \quad \text{Con lo que:}$$

$$\overline{OP} = \begin{pmatrix} X_P \\ Y_P \\ Z_P \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (N + h) \cdot \text{Cos}(\varphi) \cdot \text{Cos}(\lambda) \\ (N + h) \cdot \text{Cos}(\varphi) \cdot \text{Sen}(\lambda) \\ [N \cdot (1 - e^2) + h] \cdot \text{Sen}(\varphi) \end{pmatrix} = (N + h) \begin{pmatrix} \text{Cos}(\varphi) \cdot \text{Cos}(\lambda) \\ \text{Cos}(\varphi) \cdot \text{Sen}(\lambda) \\ \text{Sen}(\varphi) \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ N \cdot e^2 \cdot \text{Sen}(\varphi) \end{pmatrix}$$



# Relación entre Sistemas de Coordenadas

$$(\varphi, \lambda, h) \longrightarrow (X, Y, Z)$$

$$\operatorname{tg}(\varphi) = \frac{Z \frac{b}{a} + e^2 a \cdot \operatorname{sen}^3(u)}{\frac{b}{a} (\rho - e^2 a \cdot \operatorname{cos}^3(u))} \quad -90^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ$$

$$\operatorname{tg}(\lambda) = \frac{Y}{X} \quad -180^\circ \leq \lambda \leq 180^\circ$$

$$h = \rho \cdot \operatorname{cos}(\varphi) + Z \cdot \operatorname{sen}(\varphi) - a(1 - e^2 \cdot \operatorname{sen}^2(\varphi))^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

- $r = (\rho^2 + Z^2)^{\frac{1}{2}}$
- $\rho = (X^2 + Y^2)^{\frac{1}{2}}$
- $\operatorname{tg}(u) = \frac{Z}{\rho} \cdot \left( \frac{b}{a} + e^2 \frac{a}{r} \right)$   
 $-90^\circ \leq u \leq 90^\circ$

# Relación entre Sistemas de Coordenadas

X: 2302597.646 m

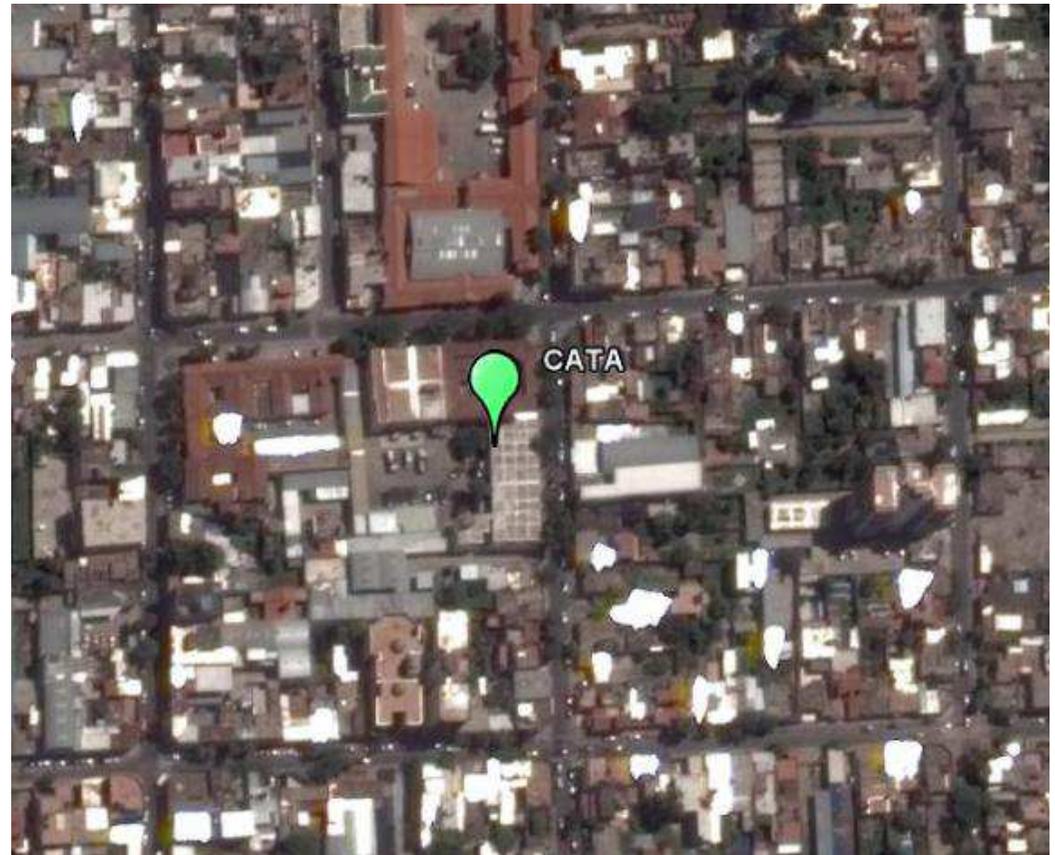
Y: -5117329.060m

Z: -3022751.301m

Latitud:  $-28^{\circ} 28' 15.54610''$

Longitud:  $-65^{\circ} 46' 26.83530''$

Altura Elipsoidal: 547.167 m





# Sistemas de Referencia Espacial y Terrestre

- En base a las precisiones alcanzadas en las técnicas de medición, para la astronomía, geodesia y geodinámica es necesario contar con dos Sistemas de Referencia: uno fijo en el Espacio y otro fijo en la Tierra.
- Al Sistema fijo en el Espacio se lo denomina **International Celestial Reference System (ICRS – Sistema de Referencia Internacional Celeste)**.
- Al Sistema Fijo a la Tierra se lo denomina **International Terrestrial Reference System (ITRS – Sistema de Referencia Internacional Terrestre)**.



# ICRS / ICRF

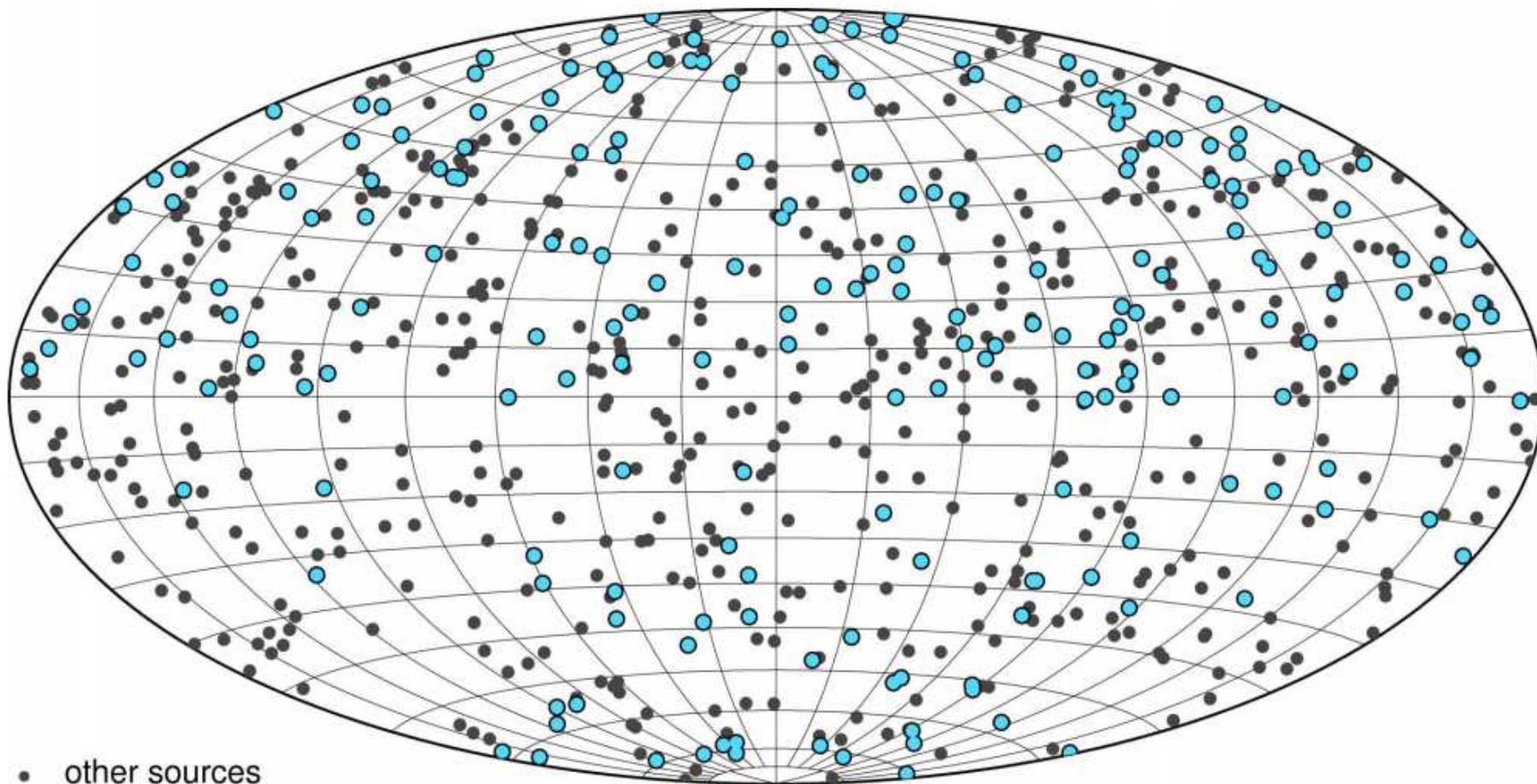
## International Celestial Reference System International Celestial Reference Frame

El ICRS es un Sistema de Referencia inercial ubicado en el Baricentro del Sistema Solar con los ejes en direcciones fijas apuntando a quásares.

El eje X se ubica fijo en una posición cercana al punto Vernal, el eje Z cercano al polo norte celeste y el plano XY está ubicado cercano al plano medio definido para la época J2000.

El ICRF (Marco de Referencia Celeste Internacional), queda materializado por 608 quásares seleccionados por la Unión Astronómica Internacional.

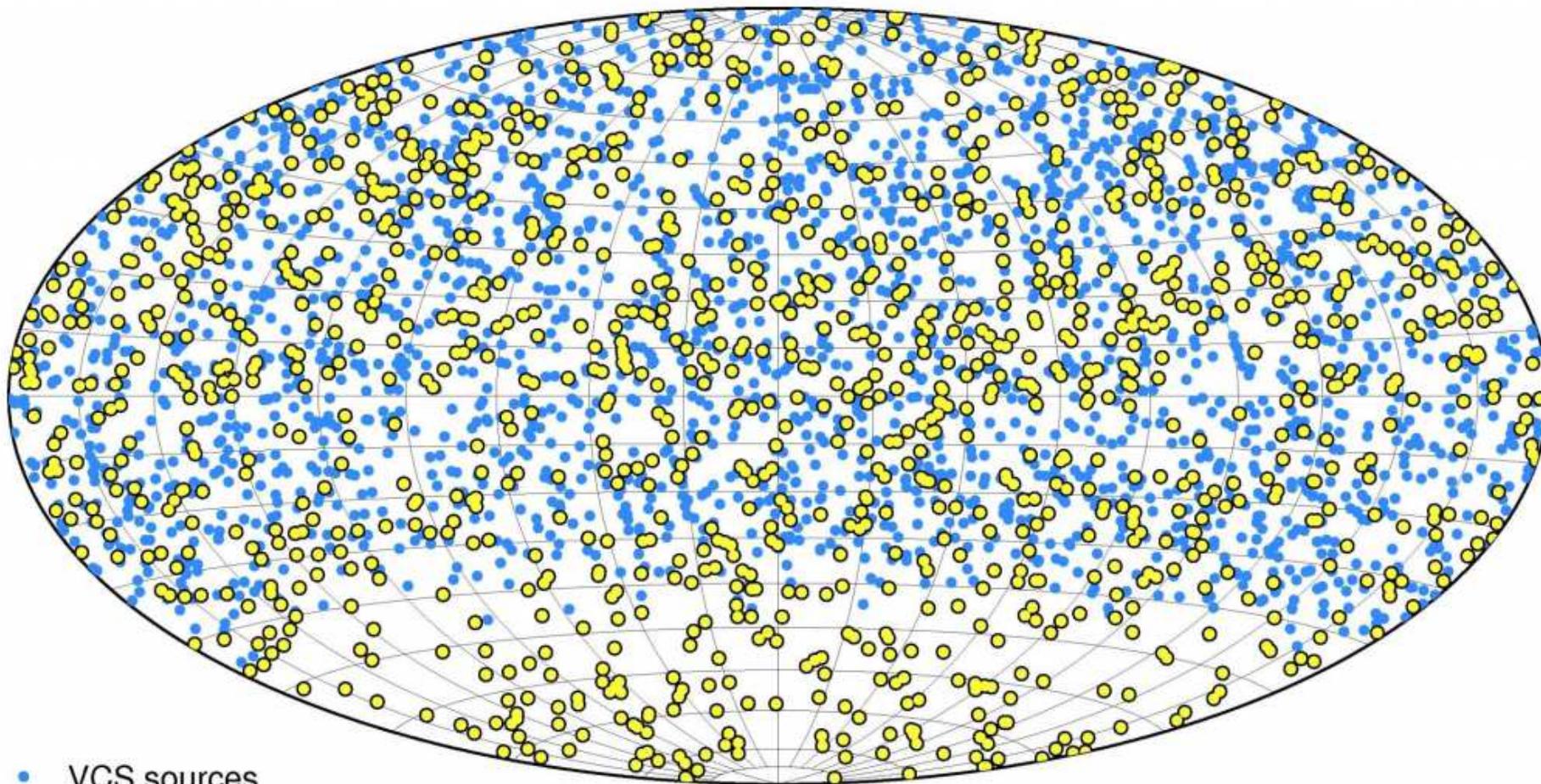
# ICRF1 (1997)



- other sources
- defining sources

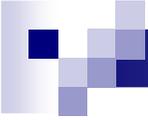
**608 quásares (212 son de definición)**

# ICRF2 (2009)



- VCS sources
- non-VCS sources

**3414 quásares (295 son de definición)**



# ICRF1 vs ICRF2

	ICRF1	ICRF2
Observaciones VLBI	1.6 Millones	6.5 Millones
Fuentes de Definición	212	295
Cantidad Total de fuentes	608	3414
Estabilidad de los ejes	~30 $\mu$ as	~10 $\mu$ as



# ITRS / ITRF

## International Terrestrial Reference System

## International Terrestrial Reference Frame

El ITRS es un Sistema de Referencia Fijo a la Tierra, con el origen ubicado en el centro de masas terrestre con los ejes en direcciones fijas establecidas por convención.

El eje X se ubica fijo en la dirección del Meridiano de Greenwich, el eje Z coincidente con el eje de rotación terrestre, el eje Y completa la terna y el plano XY está ubicado coincidente con el plano del ecuador. Todas estas direcciones están definidas para una época en particular que forma parte de la definición.

El ITRF (Marco de Referencia Terrestre Internacional), queda materializado por puntos fijos del terreno que posean técnicas permanentes de medición astronómica.



# Sistema de Referencia Convencional Terrestre

Movimiento de oscilación del eje de rotación de la tierra:

Respecto al sistema Espacio Fijo (Precesión y nutación)

Respecto al sistema Tierra Fija (movimiento polar)

Definición del Sistema Convencional:

ICRS: Sistema de Referencia Celeste Internacional (inercial)

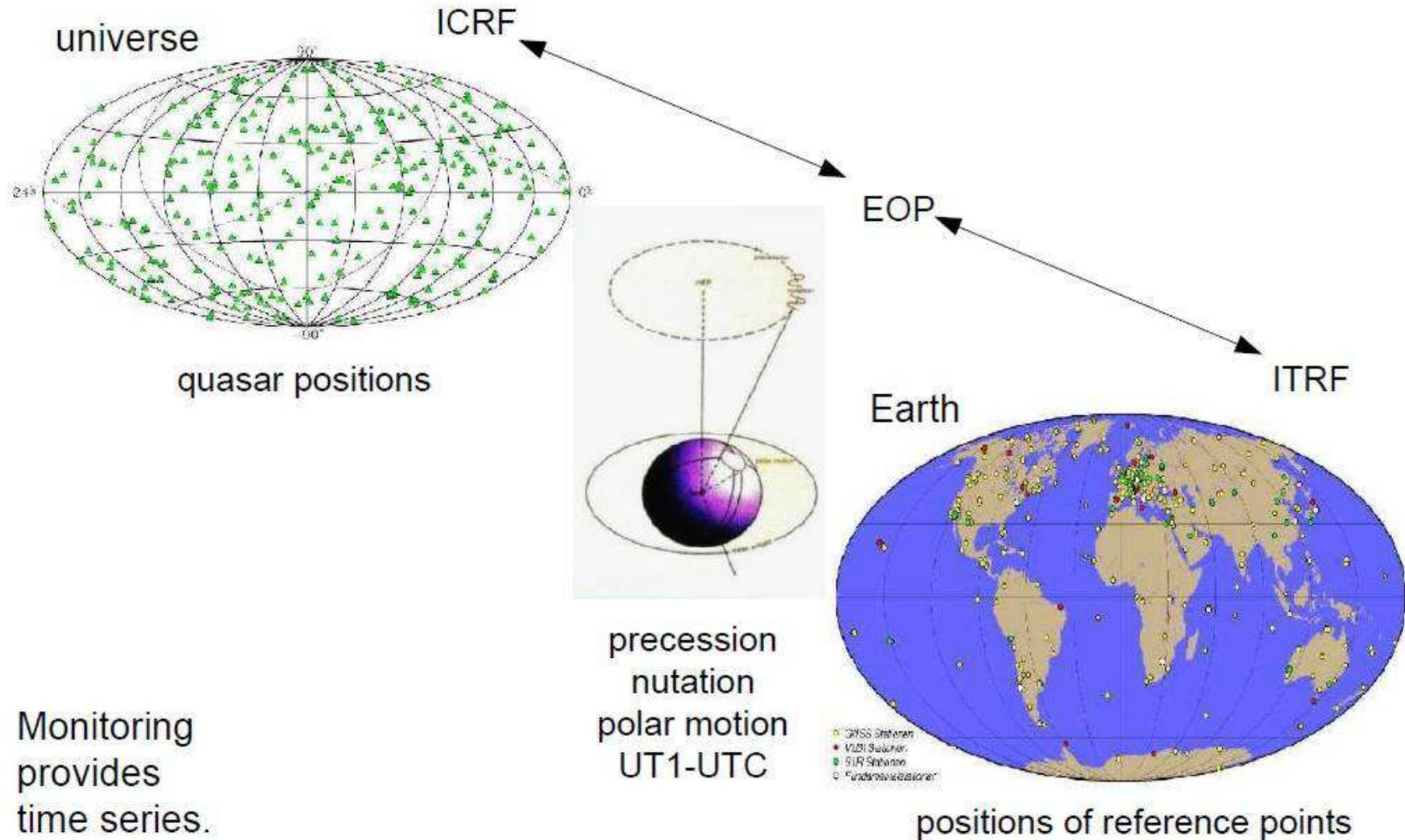
ITRS: Sistema de Referencia Terrestre Internacional (convencional)

CTP: Polo Terrestre Convencional (Eje  $Z=X_3$ )

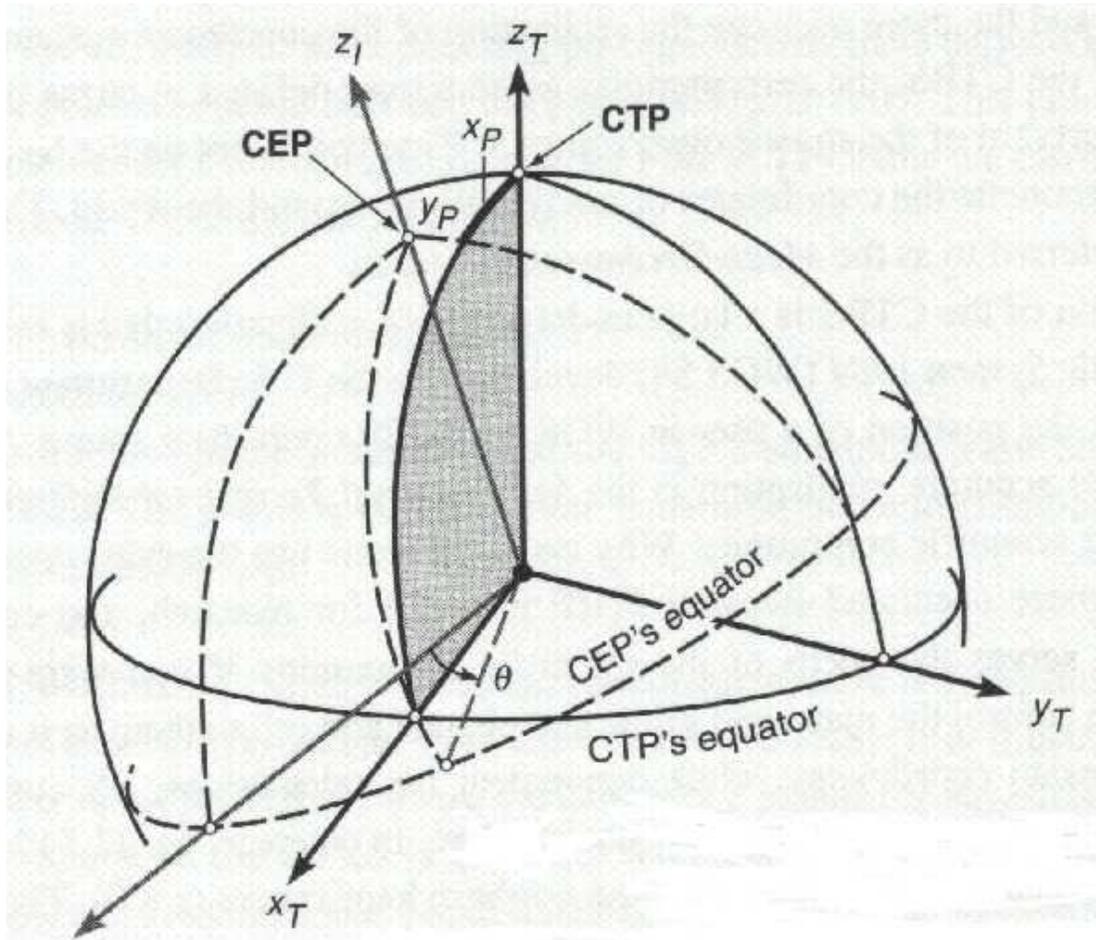
Meridiano de Greenwich: (Eje  $X=X_1$ )

Ejes  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ : Sistema de Referencia Terrestre Convencional (CTRS), definidos para una época en particular.

# Sistemas de Referencia Espacial y Terrestre



# Relación entre Espacio Fijo y Tierra Fija



CTP: Polo Terrestre  
Convencional

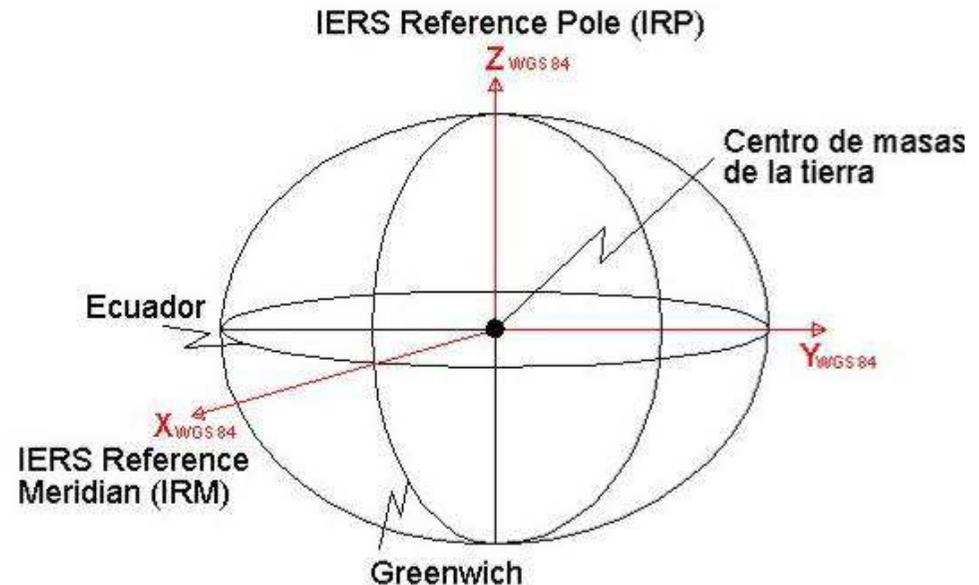
CEP: Polo de efemérides  
celeste

$\Theta$ : Tiempo Sidéreo en  
Greenwich

EOP: Parámetros de  
Orientación Terrestre.

# Marco de Referencia Global WGS84

- Origen: centro de masas de la tierra
- Eje Z: Corresponde a la dirección del Polo Convencional Terrestre (CTP en su sigla en inglés) (época 1984.0) definida por el BIPM.
- Eje X: Intersección del Meridiano de Referencia Internacional (IRM en su sigla en inglés) y el plano que pasa por el origen, normal al eje Z. El IRM es cercano al Meridiano Cero definido por el BIPM (época 1984.0).
- Eje Y: Completa el sistema de coordenadas ortogonal, Earth-Centered Earth-Fixed (ECEF).
- Establecido por el **Departamento de Defensa de los EEUU**.



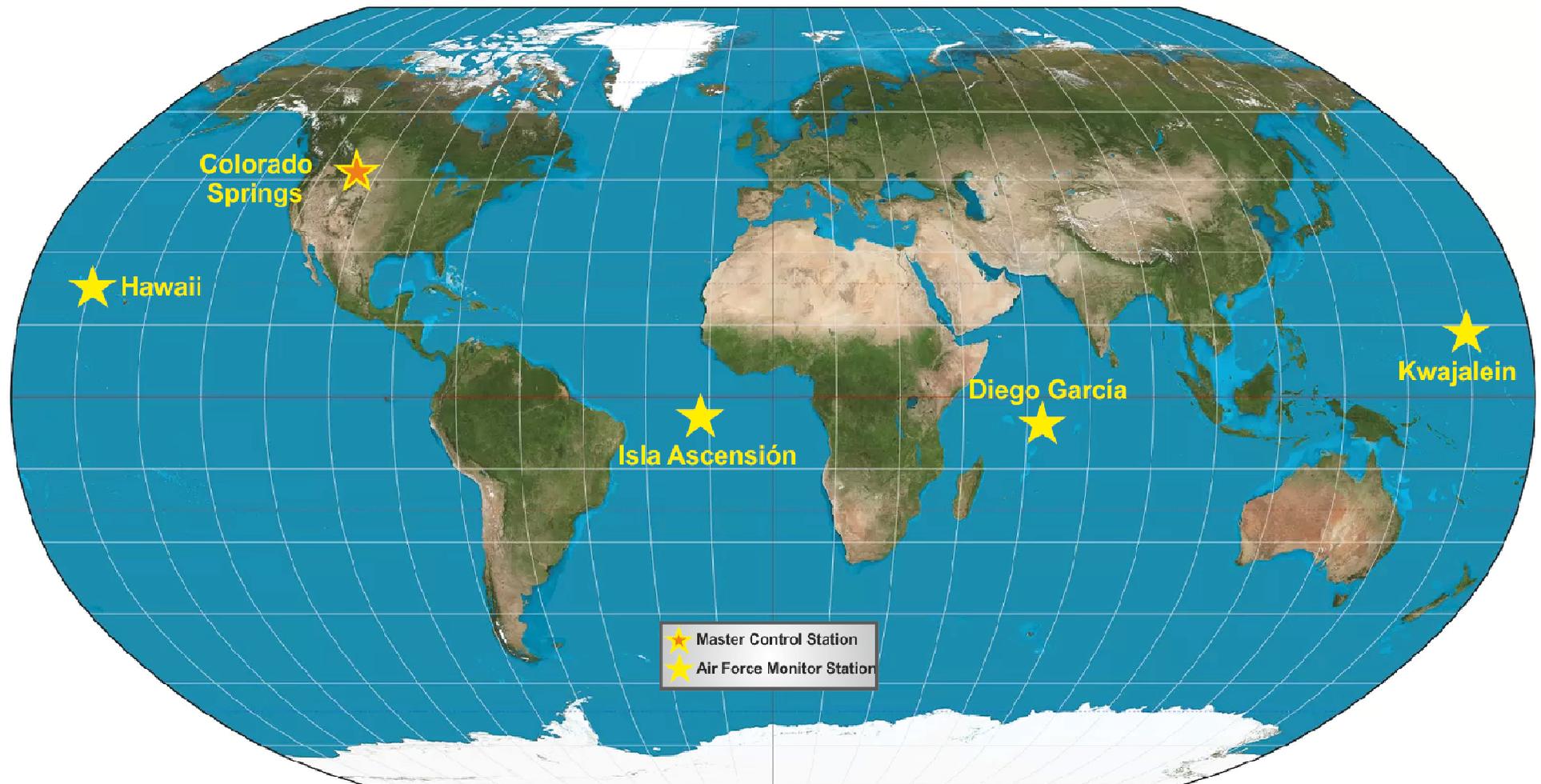
# Estaciones GPS - Definición WGS 84

WGS 84 Station Set G873: Cartesian Coordinates\*, 1997.0 Epoch

Station Location	NIMA Station Number	X (km)	Y (km)	Z (km)
<b><u>Air Force Stations</u></b>				
Colorado Springs	85128	-1248.597221	-4819.433246	3976.500193
Ascension	85129	6118.524214	-1572.350829	-876.464089
Diego Garcia(<2 Mar 97)	85130	1917.032190	6029.782349	-801.376113
Diego Garcia(>2 Mar 97)	85130	1916.197323	6029.998996	-801.737517
Kwajalein	85131	-6160.884561	1339.851686	960.842977
Hawaii	85132	-5511.982282	-2200.248096	2329.481654
<b><u>NIMA Stations</u></b>				
Australia	85402	-3939.181976	3467.075383	-3613.221035
Argentina	85403	2745.499094	-4483.636553	-3599.054668
England	85404	3981.776718	-89.239153	4965.284609
Bahrain	85405	3633.910911	4425.277706	2799.862677
Ecuador	85406	1272.867278	-6252.772267	-23.801890
US Naval Observatory	85407	1112.168441	-4842.861714	3985.487203
China	85409	-2148.743914	4426.641465	4044.656101

\*Coordinates are at the antenna electrical center.

# Estaciones GPS (USAF-NGA) Determinación WGS84



# Definición WGS 84 - Parámetros

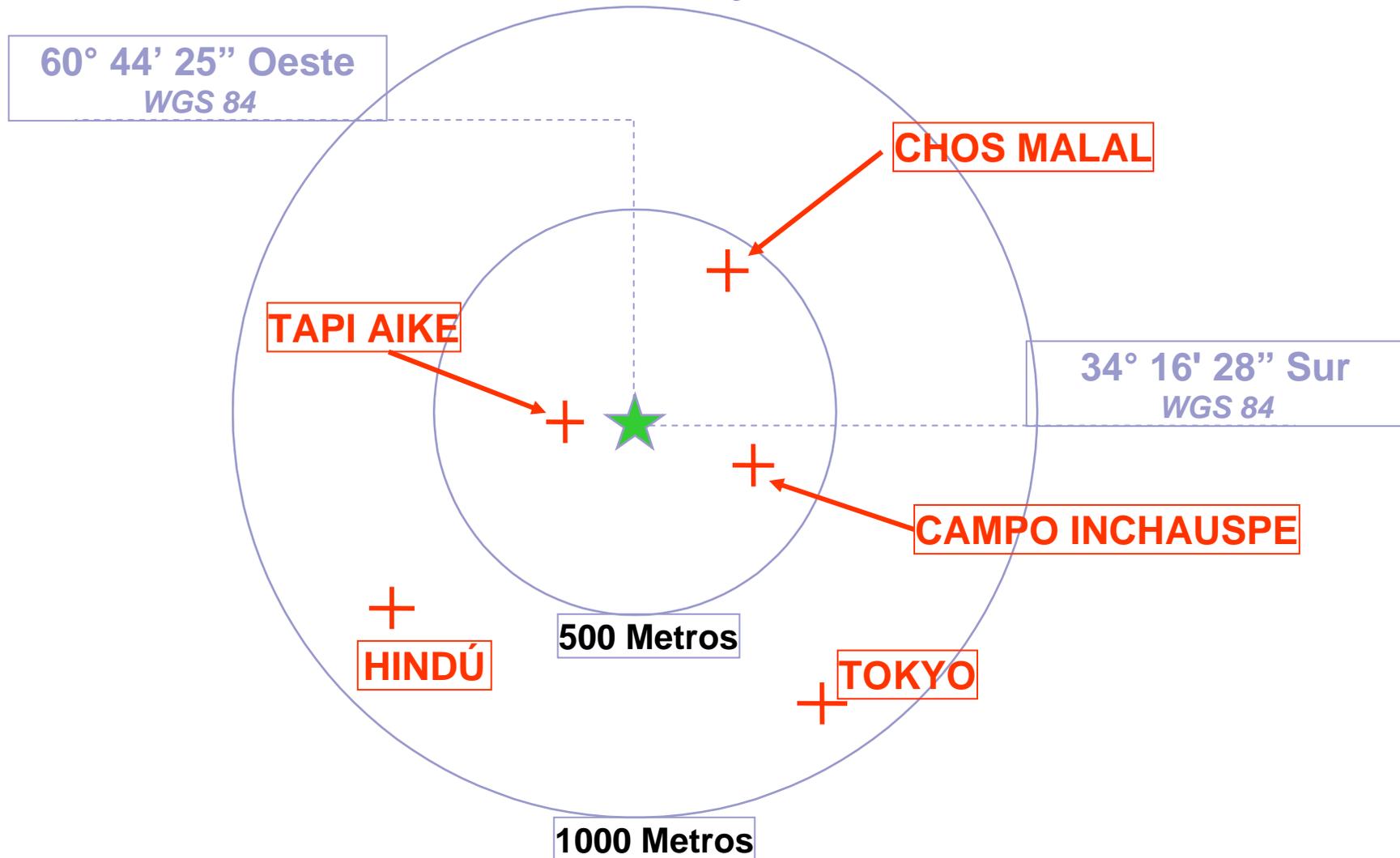
WGS 84 Four Defining Parameters

Parameter	Notation	Value
Semi-major Axis	$a$	6378137.0 meters
Reciprocal of Flattening	$1/f$	298.257223563
Angular Velocity of the Earth	$\omega$	$7292115.0 \times 10^{-11}$ rad/s
Earth's Gravitational Constant (Mass of Earth's Atmosphere Included)	$GM$	$3986004.418 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{s}^2$

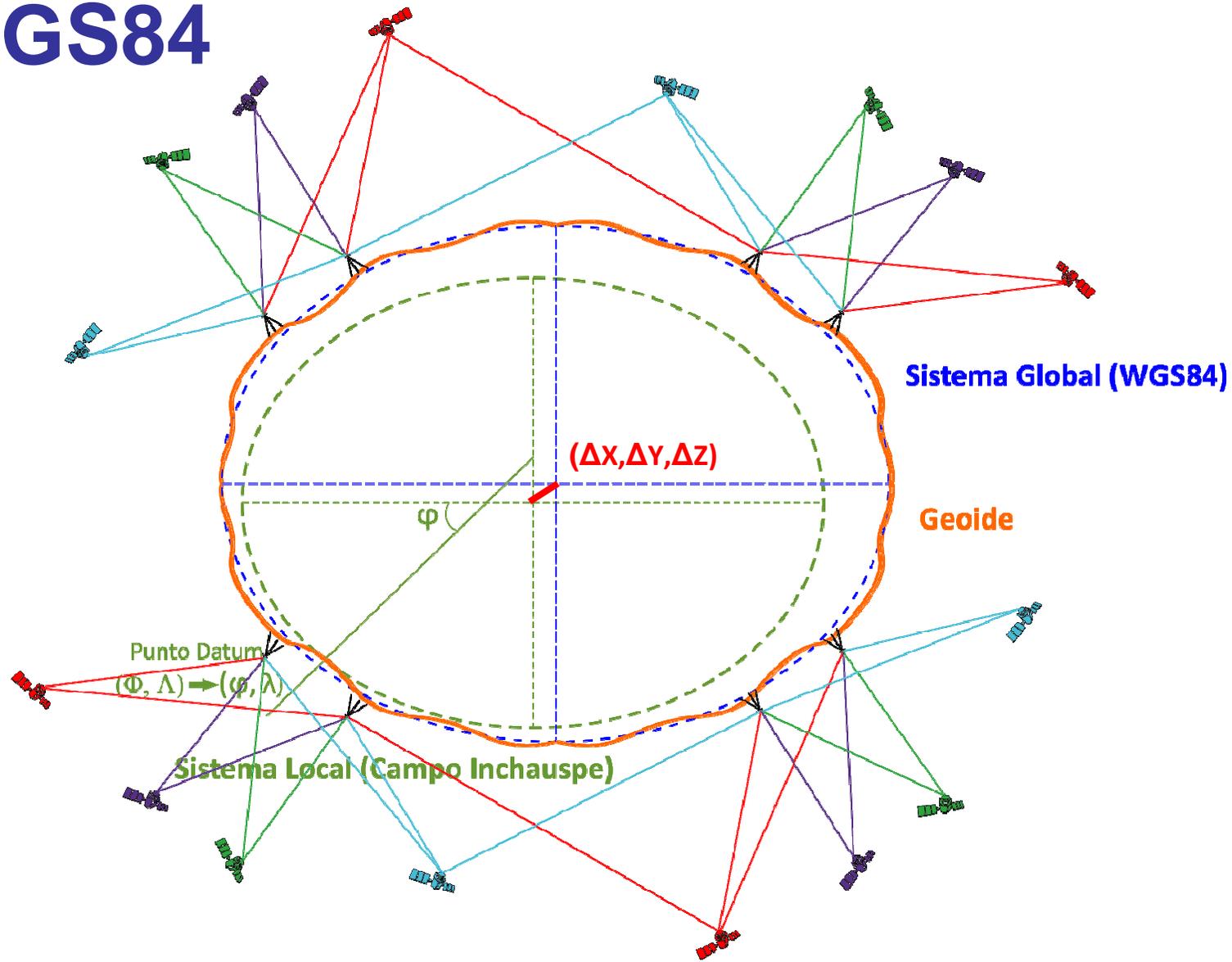
WGS 84 Parameter Values for Special Applications

Parameter	Notation	Value	Accuracy ( $1\sigma$ )
Gravitational Constant (Mass of Earth's Atmosphere Not Included)	$GM'$	$3986000.9 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{s}^2$	$\pm 0.1 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{s}^2$
$GM$ of the Earth's Atmosphere	$GM_A$	$3.5 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{s}^2$	$\pm 0.1 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{s}^2$
Angular Velocity of the Earth (In a Precessing Reference frame)	$\omega^*$	$(7292115.8553 \times 10^{-11} +$ $4.3 \times 10^{-15} T_U)$ rad/s	$\pm 0.15 \times 10^{-11}$ rad/s

# Diferencia entre Marcos de Referencia Locales y WGS84



# Diferencia entre Campo Inchauspe y WGS84



# Transformación de Molodensky

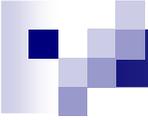
$$\varphi_1, \lambda_1, h_1 \rightarrow \varphi_2, \lambda_2, h_2$$

$$\Delta\varphi = \rho'' / M \cdot ( -\Delta X \cdot \text{SEN } \varphi \cdot \text{COS } \lambda - \Delta Y \cdot \text{SEN } \varphi \cdot \text{SEN } \lambda + \Delta Z \cdot \text{COS } \varphi + ( a \cdot \Delta f + f \cdot \Delta a ) \cdot \text{SEN } 2 \varphi )$$

$$\Delta\lambda = \rho'' / N \cdot \text{COS } \varphi \cdot ( -\Delta X \cdot \text{SEN } \lambda + \Delta Y \cdot \text{COS } \lambda )$$

$$\Delta h = \Delta X \cdot \text{COS } \varphi \cdot \text{COS } \lambda + \Delta Y \cdot \text{COS } \varphi \cdot \text{SEN } \lambda + \Delta Z \cdot \text{SEN } \varphi + ( a \cdot \Delta f + f \cdot \Delta a ) \cdot \text{SEN}^2 \varphi - \Delta a$$

Los valores  $\Delta\varphi$  y  $\Delta\lambda$  se obtienen en segundos de arco (") y  $\Delta h$  en metros (m)



# Parámetros de transformación

Campo Inchauspe 69  $\Rightarrow$  WGS 84 (Posgar 94)

$$\Delta X = - 148 \text{ m}$$

$$\Delta Y = + 136 \text{ m}$$

$$\Delta Z = + 90 \text{ m}$$

$$\Delta a = - 251 \text{ m}$$

$$\Delta f = - 1,419270155 \cdot 10^{-5}$$

Las diferencias (  $\Delta$  ) se obtienen como :

Sistema Campo Inchauspe 69 - Sistema Posgar 94

# Parámetros de transformación

Appendix B.7  
Transformation Parameters  
Local Geodetic Datums to WGS 84

Continent: SOUTH AMERICA										
Local Geodetic Datums		Reference Ellipsoids and Parameter Differences			No. of Satellite Stations Used	Transformation Parameters				
Name	Code	Name	$\Delta a$ (m)	$\Delta f \times 10^4$		Cycle Number	Pub. Date	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$\Delta Z$ (m)
<b>BOGOTA OBSERVATORY</b> Colombia	BOO	International 1924	-251	-0.14192702	7	0	1987	307 +6	304 +5	-318 +6
<b>CAMPO INCHAUSPE 1969</b> Argentina	CAI	International 1924	-251	-0.14192702	20	0	1987	-148 ±5	136 ±5	90 ±5
<b>CHUA ASTRO</b> Paraguay	CHU	International 1924	-251	-0.14192702	6	0	1987	-134 ±6	229 ±9	-29 ±5
<b>CORREGO ALEGRE</b> Brazil	COA	International 1924	-251	-0.14192702	17	0	1987	-206 ±5	172 ±3	-6 ±5



# Sistema de Referencia Global ITRS (Sistema de Referencia Internacional Terrestre)

- Sistema de Referencia fijo a la Tierra, con origen ubicado en el centro de masas terrestre con los ejes en direcciones fijas establecidas por convención.
- El eje X se ubica fijo en la dirección del Meridiano de Greenwich, el eje Z coincidente con el eje de rotación terrestre, el eje Y completa la terna y el plano XY está ubicado coincidente con el plano del ecuador. Todas estas direcciones están definidas para una época en particular que forma parte de la definición.
- Definido por el **IERS (Servicio Internacional de Rotación Terrestre)**.



# Marco de Referencia Global

## ITRF (Marco de Referencia Terrestre Internacional)

- Materialización del Sistema de Referencia Internacional Terrestre (ITRS).
- Lista de **coordenadas** y **velocidades** para una selección de estaciones permanentes
- El Servicio Internacional de Rotación Terrestre (IERS) calcula un ITRF periódicamente. La última publicación es el ITRF08, con datos de estaciones permanentes hasta el año 2008

# Marco de Referencia Global

## ITRF

- ❑ La posición de un punto situado sobre la superficie de la Tierra en una época “t” cuyas coordenadas “” son funciones del tiempo, se expresa como:

$$\bar{X}_{(t)} = \bar{X}_0 + \frac{d\bar{X}_0}{dt} \cdot (t - t_0) + \sum_i \Delta\bar{X}_{i(t)} \quad \bar{X}_{(t)} = (X_{(t)}; Y_{(t)}; Z_{(t)})$$

- ❑ Donde:
  - ❑  $\Delta\bar{X}_{i(t)}$  son las correcciones debidas a diversos factores variables en el tiempo (desplazamientos ocasionados por mareas terrestres, incluidos los efectos permanentes, la carga oceánica, mareas polares, rebote postglacial, carga atmosférica, variaciones del geocentro, etc.)
  - ❑  $\bar{X}_{(t)}$  y  $t_0$  las coordenadas y el tiempo de la época inicial



# Marcos de Referencia

- La definición y densificación de los Marcos de Referencia actuales en los que se apoya el sistema **GPS** solo son posibles a través de las técnicas de medición espacial más precisas.
- Su precisión y realización es de fundamental importancia para estudiar fenómenos que suceden en la Tierra (rebote post-glacial, cambios de nivel medio del mar, estudios atmosféricos, etc).

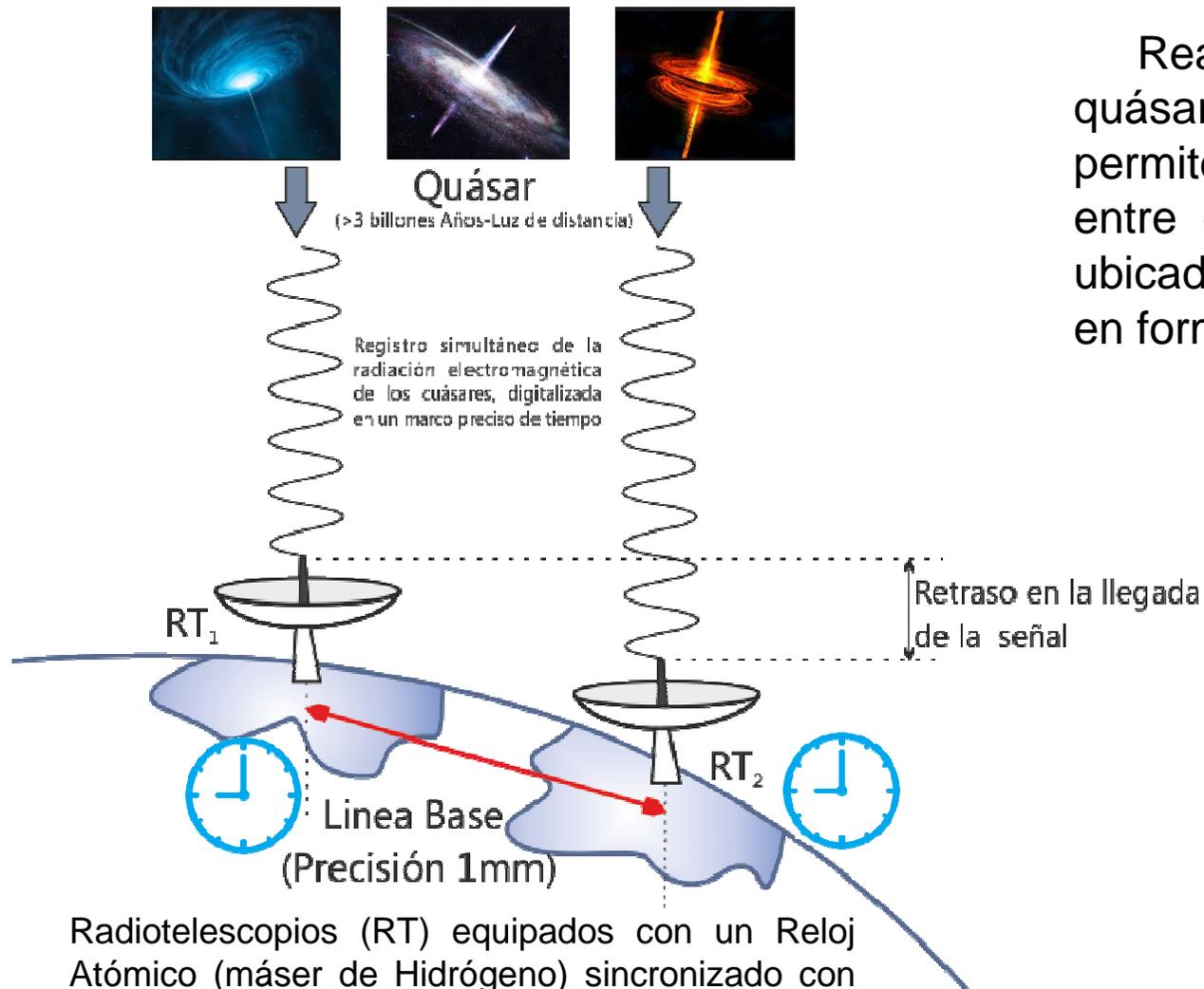


# Marcos de Referencia Globales

- Las técnicas para la determinación de los Marcos de Referencia son:
  - VLBI
  - SLR
  - LLR
  - DORIS
  - GNSS

# VLBI (Very Long Baseline Interferometry)

## Interferometría de base muy larga



Radiotelescopios (RT) equipados con un Reloj Atómico (máser de Hidrógeno) sincronizado con la red de estaciones VLBI

Realiza mediciones hacia quásares y por interferometría permite calcular la distancia entre centros de observación ubicados a muy larga distancia en forma muy precisa.

Esta técnica permite establecer el Marco Celeste de Referencia Internacional, como así también contribuye a la determinación de los parámetros de rotación terrestre.

# VLBI (Very Long Baseline Interferometry)

Interferometría de base muy larga



Antena VLBI – Observatorio TIGO, Concepción, Chile

# VLBI (Very Long Baseline Interferometry)

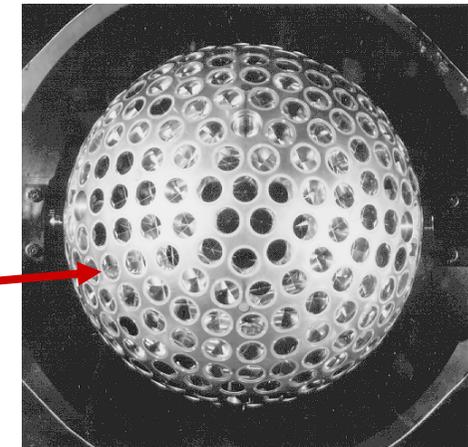
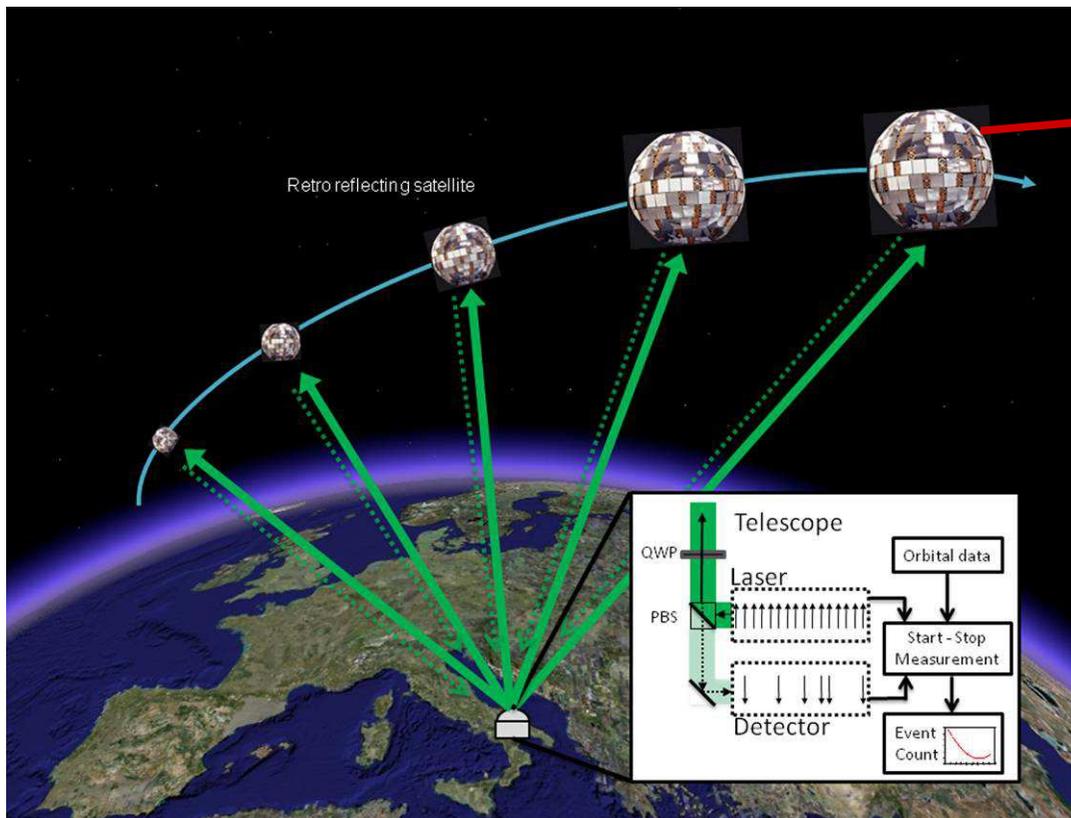


# SLR (Satellite Laser Ranging)

Medición láser a satélites

Medición de distancias a satélites desde observatorios sobre la superficie de terrestre.

La medición se realiza con láser, teniendo en cuenta el tiempo que tarda la señal en llegar al satélite y regresar



**Satélite  
LAGEOS  
(LAsEr  
GEOdinamics  
Satellite)**

# SLR (Satellite Laser Ranging)

Medición láser a satélites



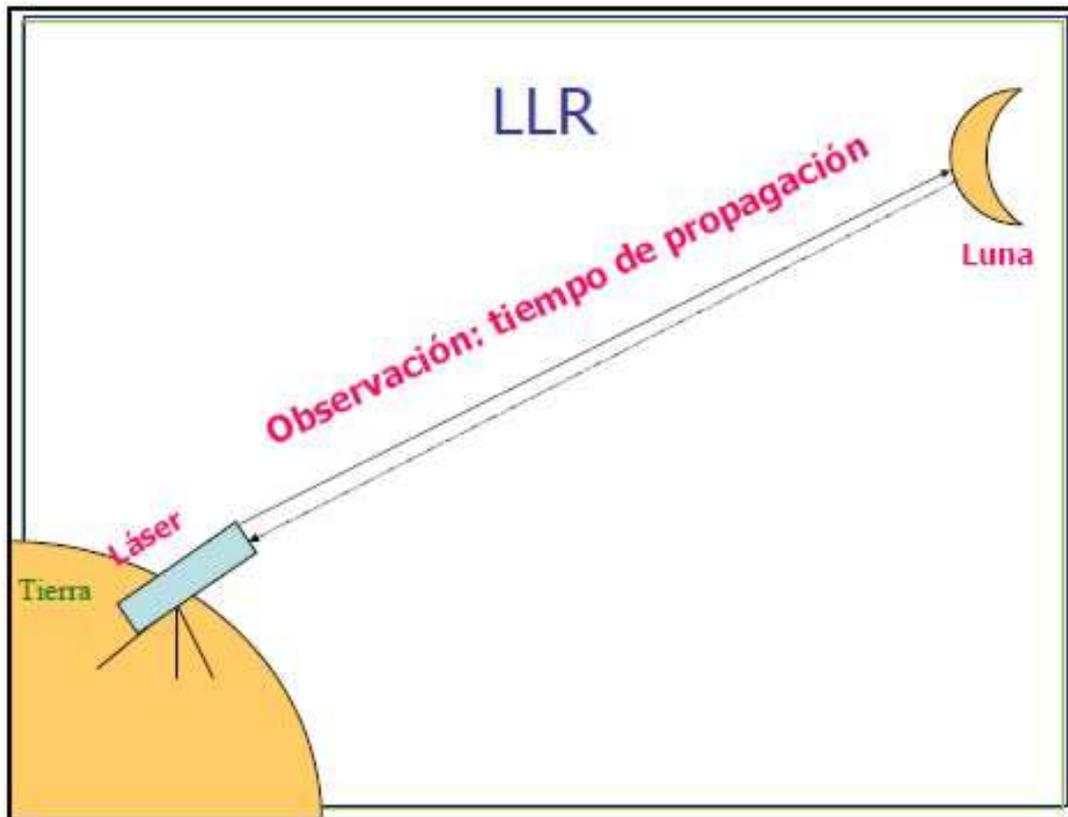
Sistema SLR – Observatorio TIGO, Concepción, Chile

# LLR (Lunar Laser Ranging)

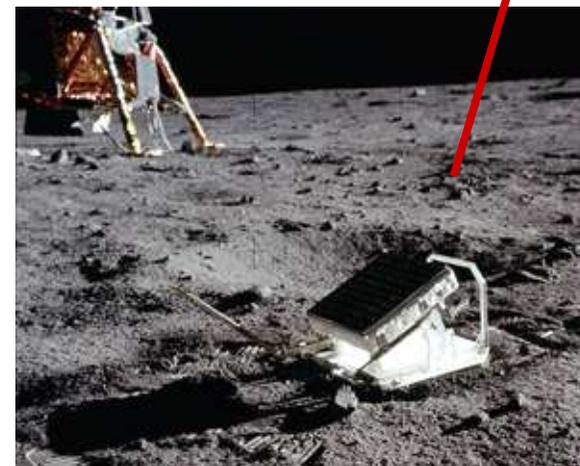
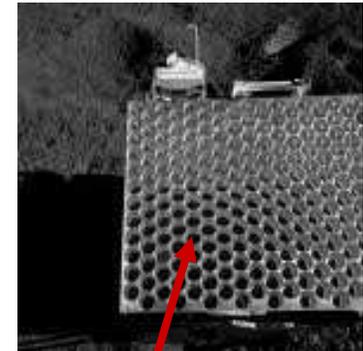
Medición láser a la luna

Medición de distancias a la Luna desde observatorios sobre la superficie de terrestre hacia reflectores en la luna.

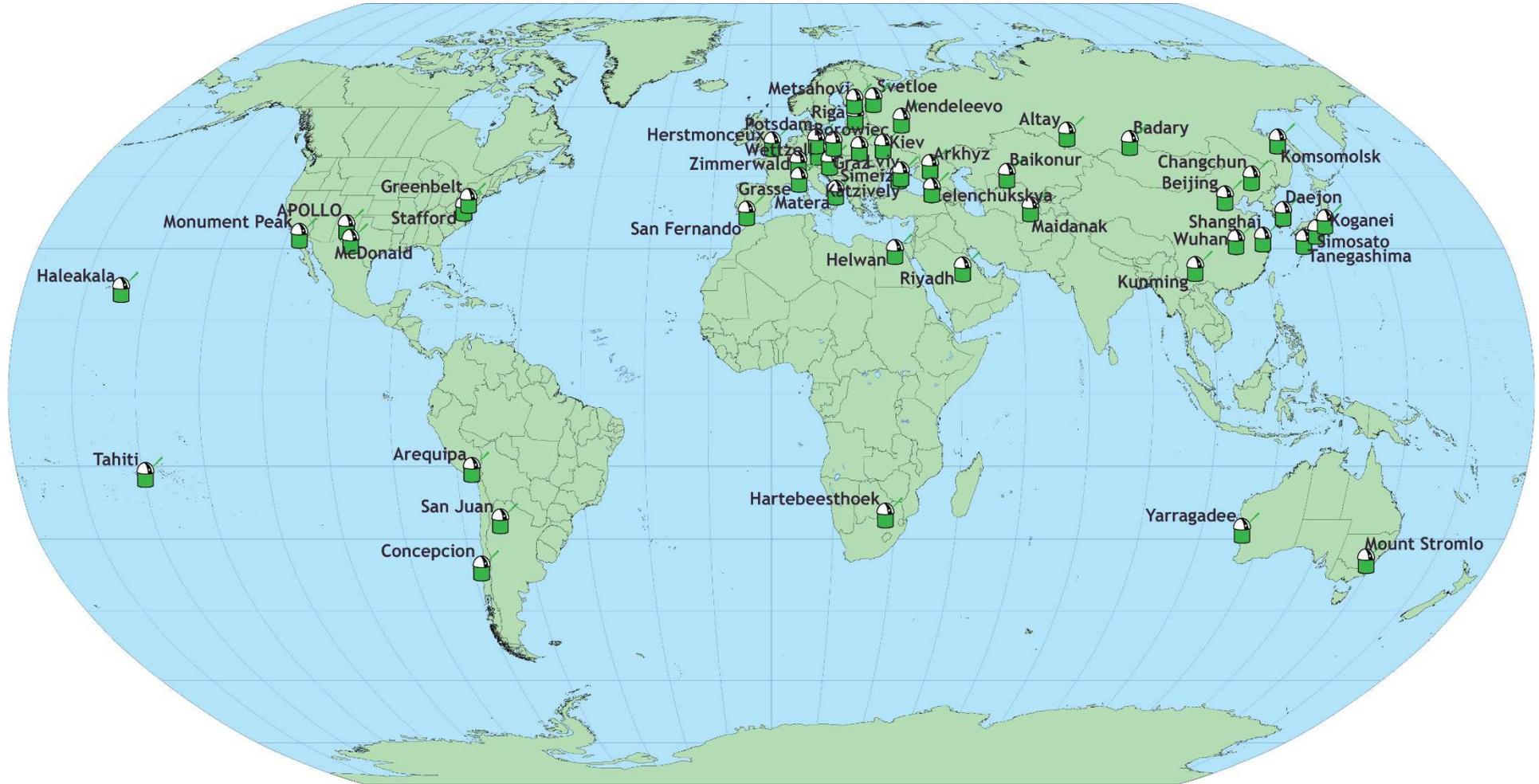
La medición se realiza con láser, teniendo en cuenta el tiempo que tarda la señal en llegar al satélite y regresar.



**Reflector  
colocado  
por la  
misión del  
Apolo XI**



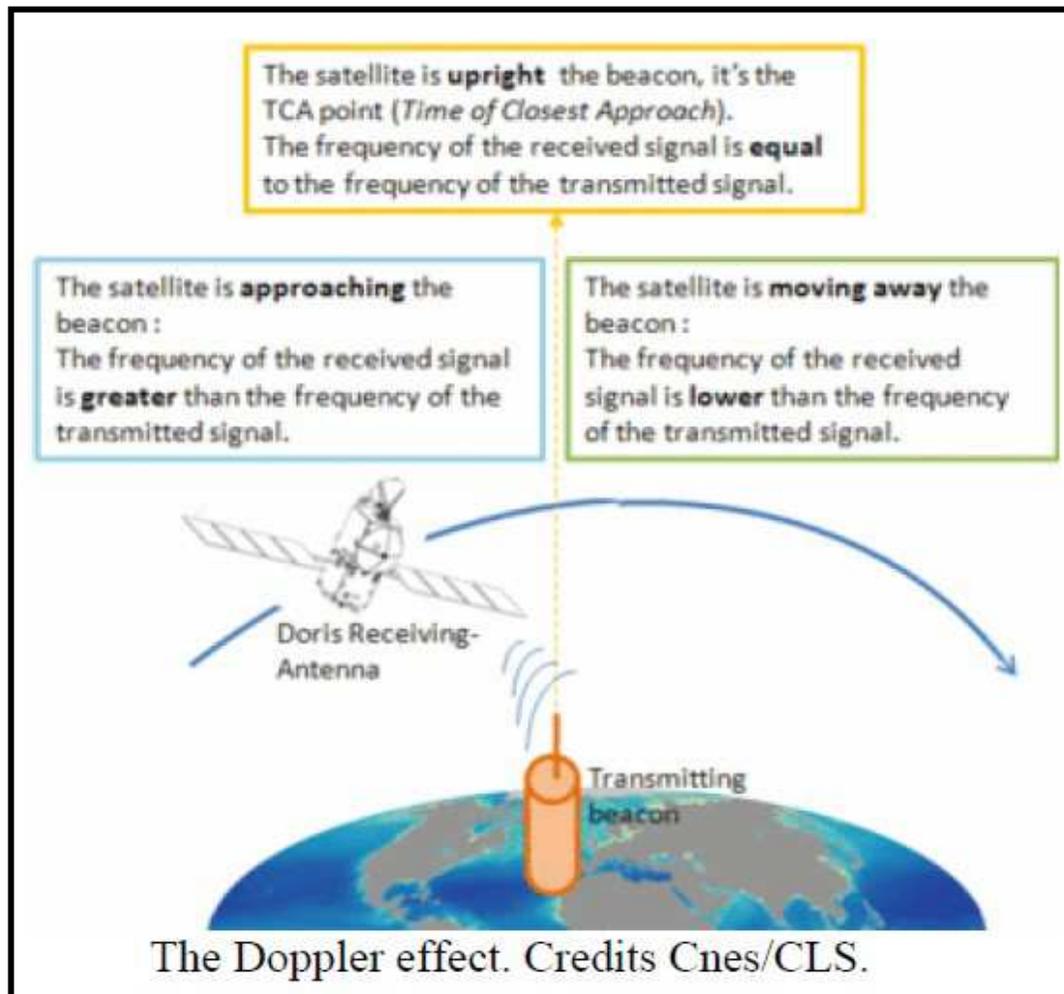
# Mapa de observatorios SLR/LLR



Estado actual de la red

# DORIS (Doppler Orbitography and Radio Positioning Integrated by Satellite)

Orbitografía Doppler y Posicionamiento Radial Integrado por Satélite



Permite calcular la órbita de los satélites con gran precisión utilizando el efecto Doppler.

Tanto el satélite como el receptor (beacon), emiten y reciben las señales.

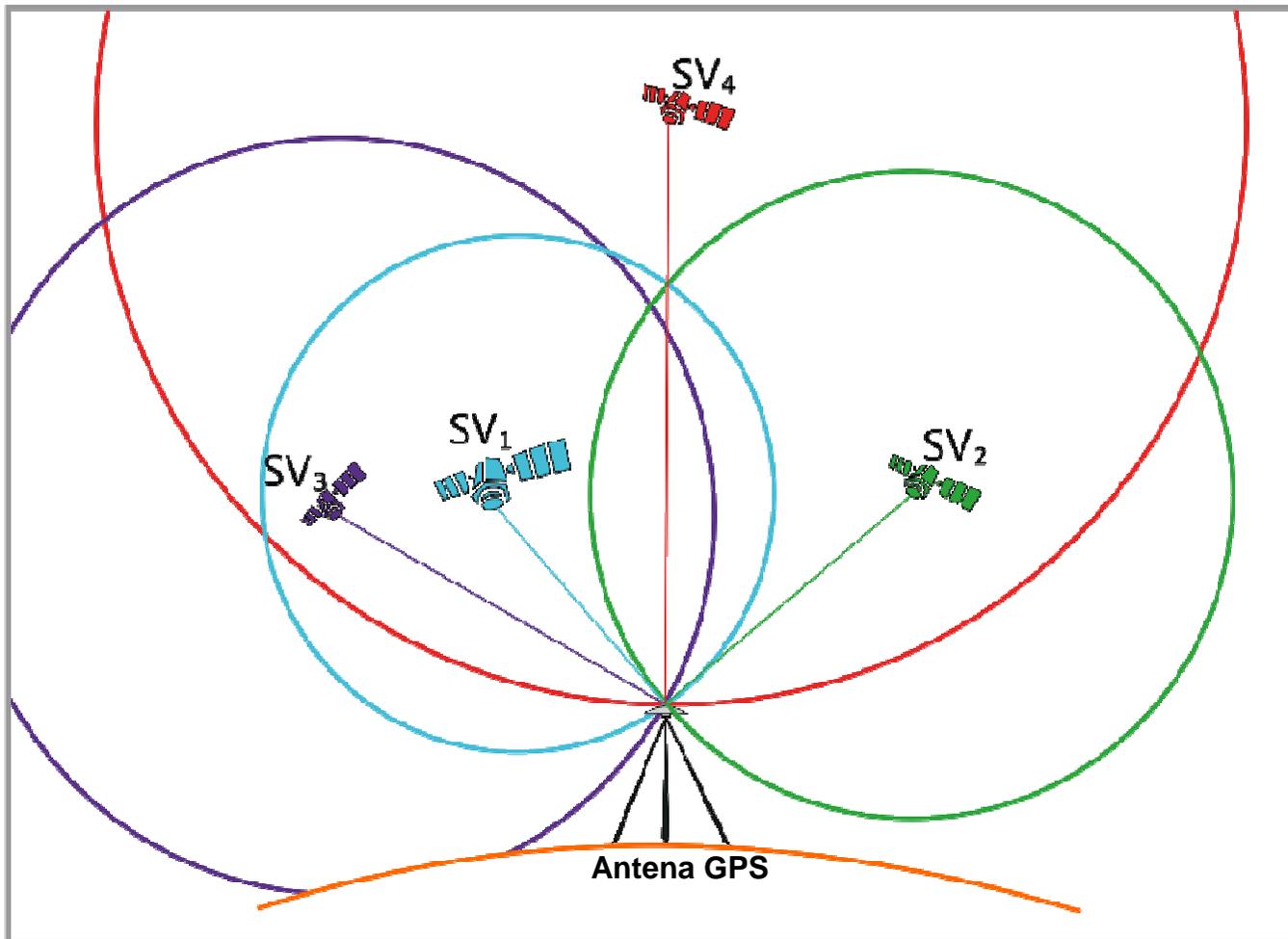
Utilizan los satélites SPOT, JASON y ENVISAT.



# GPS / GNSS

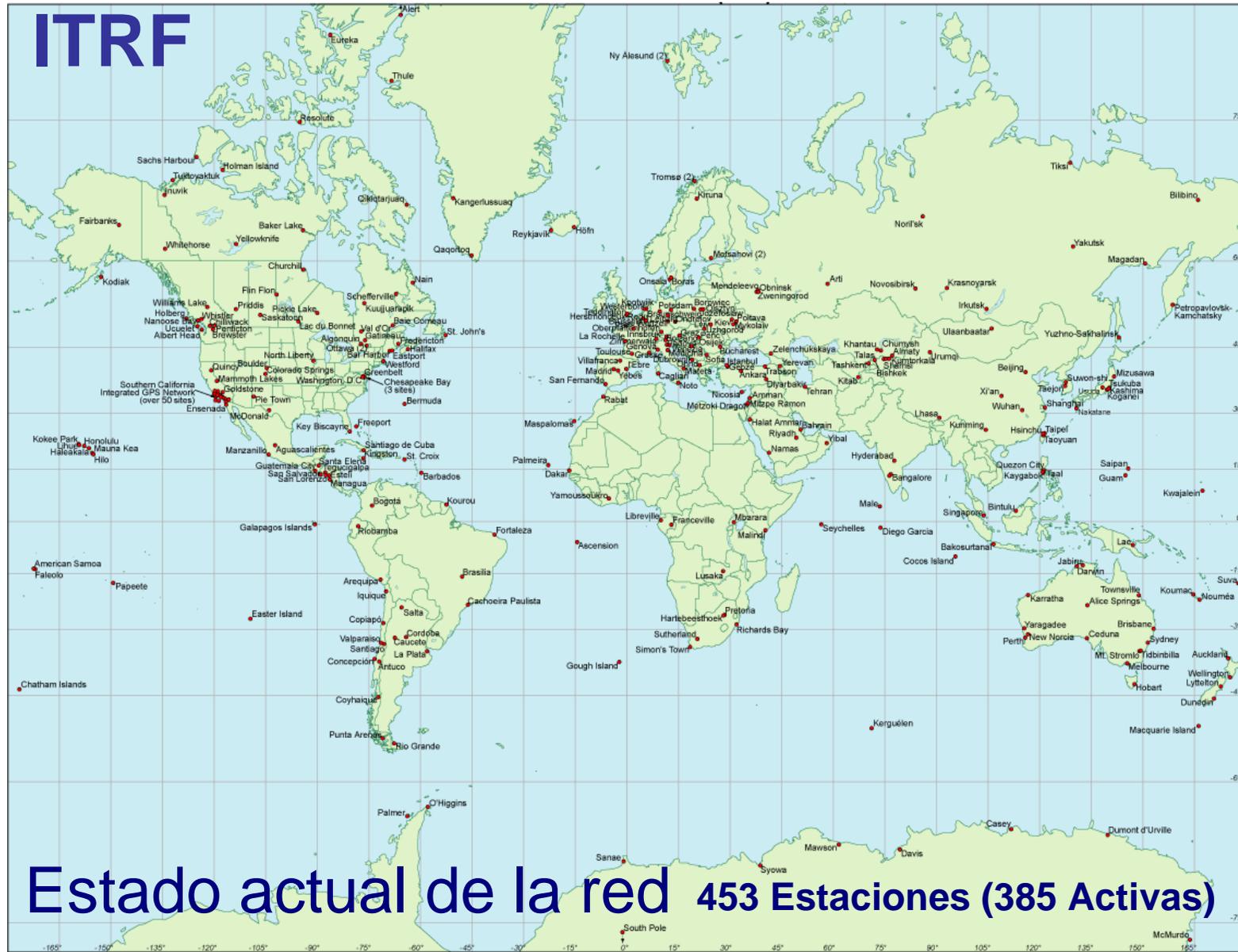
## (Global Navigation Satellite System)

Determinación de la posición de un punto observando al menos 4 satélites en forma simultánea.



**Satélite GPS**

# GPS / GNSS - Marco de Referencia Global





# Transformaciones entre Sistemas de Coordenadas



# Relación entre Sistemas de Coordenadas

- El sistema de coordenadas  $\varphi, \lambda, h$  es más intuitivo para su interpretación.
- El GPS trabaja en el sistema de coordenadas cartesianas geocéntricas, aunque disponga los resultados en  $\varphi, \lambda, h$  para su mejor visualización.

# Relación entre Sistemas de Coordenadas

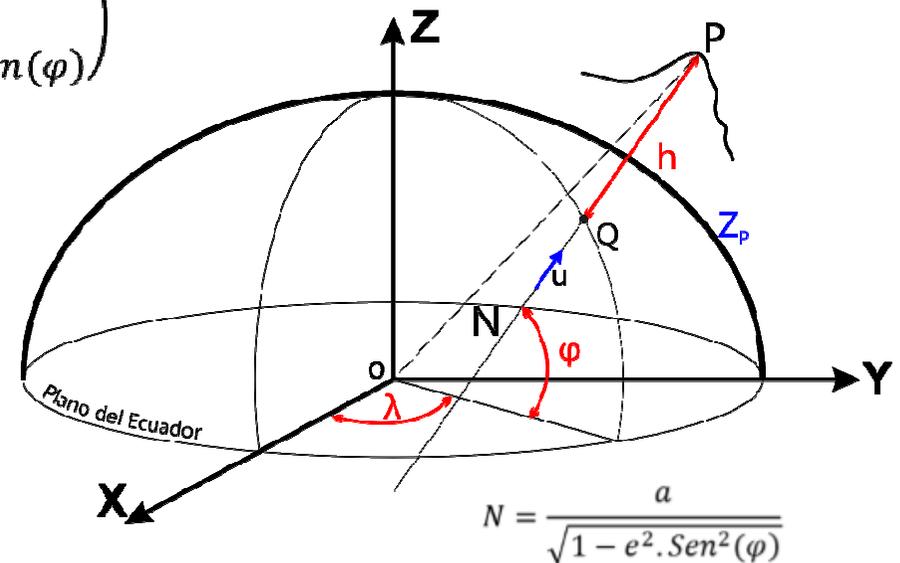
$(X, Y, Z) \longrightarrow (\varphi, \lambda, h)$

$$\overline{OQ} = \begin{pmatrix} XQ \\ YQ \\ ZQ \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} N \cdot \text{Cos}(\varphi) \cdot \text{Cos}(\lambda) \\ N \cdot \text{Cos}(\varphi) \cdot \text{Sen}(\lambda) \\ N \cdot (1 - e^2) \cdot \text{Sen}(\varphi) \end{pmatrix} = N \cdot \bar{u} - \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ N \cdot e^2 \cdot \text{Sen}(\varphi) \end{pmatrix}$$

$$\bar{h} = \overline{QP} = \begin{pmatrix} N \cdot \text{Cos}(\varphi) \cdot \text{Cos}(\lambda) \\ N \cdot \text{Cos}(\varphi) \cdot \text{Sen}(\lambda) \\ h \cdot \text{Sen}(\varphi) \end{pmatrix} = h \cdot \bar{u}$$

$\overline{OP} = \overline{OQ} + \overline{QP}$ , Con lo que:

$$\overline{OP} = \begin{pmatrix} X_P \\ Y_P \\ Z_P \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (N + h) \cdot \text{Cos}(\varphi) \cdot \text{Cos}(\lambda) \\ (N + h) \cdot \text{Cos}(\varphi) \cdot \text{Sen}(\lambda) \\ [N \cdot (1 - e^2) + h] \cdot \text{Sen}(\varphi) \end{pmatrix} = (N + h) \begin{pmatrix} \text{Cos}(\varphi) \cdot \text{Cos}(\lambda) \\ \cdot \text{Cos}(\varphi) \cdot \text{Sen}(\lambda) \\ \cdot \text{Sen}(\varphi) \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ N \cdot e^2 \cdot \text{Sen}(\varphi) \end{pmatrix}$$



# Relación entre Sistemas de Coordenadas

$$(\varphi, \lambda, h) \longrightarrow (X, Y, Z)$$

$$\operatorname{tg}(\varphi) = \frac{Z \frac{b}{a} + e^2 a \cdot \operatorname{sen}^3(u)}{\frac{b}{a} (\rho - e^2 a \cdot \cos^3(u))} \quad -90^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ$$

$$\operatorname{tg}(\lambda) = \frac{Y}{X} \quad -180^\circ \leq \lambda \leq 180^\circ$$

$$h = \rho \cdot \cos(\varphi) + Z \cdot \operatorname{sen}(\varphi) - a(1 - e^2 \cdot \operatorname{sen}^2(\varphi))^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

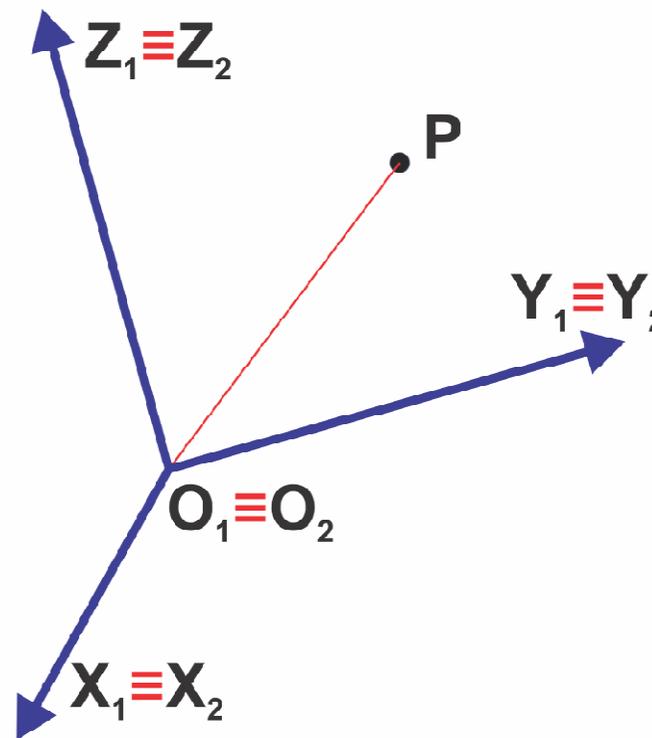
- $r = (\rho^2 + Z^2)^{\frac{1}{2}}$
- $\rho = (X^2 + Y^2)^{\frac{1}{2}}$
- $\operatorname{tg}(u) = \frac{Z}{\rho} \cdot \left( \frac{b}{a} + e^2 \frac{a}{r} \right)$   
 $-90^\circ \leq u \leq 90^\circ$

# Transformación entre Sistemas de Coordenadas Cartesianos

El pasaje de un sistema 3D a otro, se efectúa con las siguientes operaciones:

- **Traslación** del origen  $O$  con sus tres componentes  $(T_x, T_y, T_z)$
- **Rotación diferencial** definida por las de los ejes  $(R_x, R_y, R_z)$
- **Factor de escala**  $(1+\mu)$

Se conoce como:  
**Transformación de Semejanza**  
de 7 parámetros



# Transformación entre Sistemas de Coordenadas Cartesianos

## Transformación entre sistemas de coordenadas cartesianos

- $(X_i, Y_i, Z_i)$  coordenadas de un punto  $P$  en el sistema "i" (con  $i=1$  o  $2$ ), la transformación será, matricialmente:

$$\begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} T_X \\ T_Y \\ T_Z \end{pmatrix} + (I + \mu)R \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix}$$

Si los diferentes sistemas no son demasiado distantes:

- $T_X, T_Y, T_Z$  no exceden algunos centenares de metros.
- La diferencia de escala  $\mu$ , es de pocas ppm ( $10^{-6}$ ).
- $R$  es una rotación infinitesimal de la forma:

$$R = \begin{pmatrix} 1 & -R_Z & R_Y \\ R_Z & 1 & -R_X \\ -R_Y & R_X & 1 \end{pmatrix}$$

# Transformación entre Sistemas de Coordenadas Cartesianos

Matriz L

Modelo linealizado:

$$\begin{aligned}
 D_X &= X_2 - X_1 = T_X + 0 + 0 + \mu X_1 + 0 \cdot R_Y + R_Y Z_1 - R_Z Y_1 \\
 D_Y &= Y_2 - Y_1 = 0 + T_Y + 0 + \mu Y_1 - R_X Z_1 + 0 \cdot R_Y + R_Z X_1 \\
 D_Z &= Z_2 - Z_1 = 0 + 0 + T_Z + \mu Z_1 + R_X Y_1 - R_Y X_1 + 0 \cdot R_Y
 \end{aligned}$$

Matriz A

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & X & 0 & Z & -Y \\ 0 & 1 & 0 & Y & -Z & 0 & X \\ 0 & 0 & 1 & Z & Y & -X & 0 \end{pmatrix}_1 \begin{pmatrix} T_X \\ T_Y \\ T_Z \\ \mu \\ R_X \\ R_Y \\ R_Z \end{pmatrix}$$

Matriz X

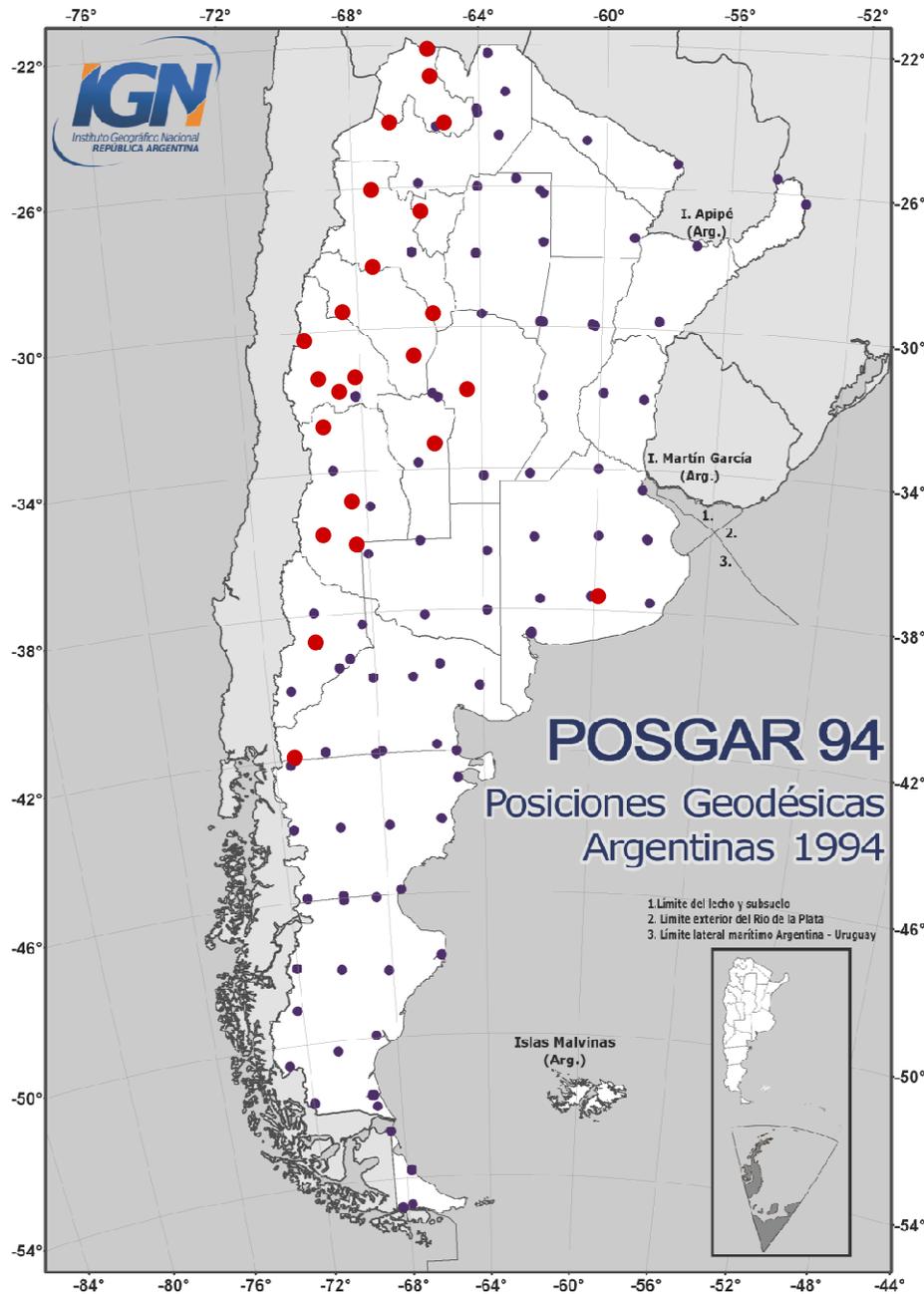
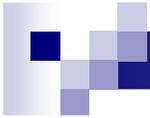
Matriz A

$$X = (A^t \times A)^{-1} (A^t \times L)$$

Se tendrán 3n ecuaciones, y grado de libertad (3n-7)



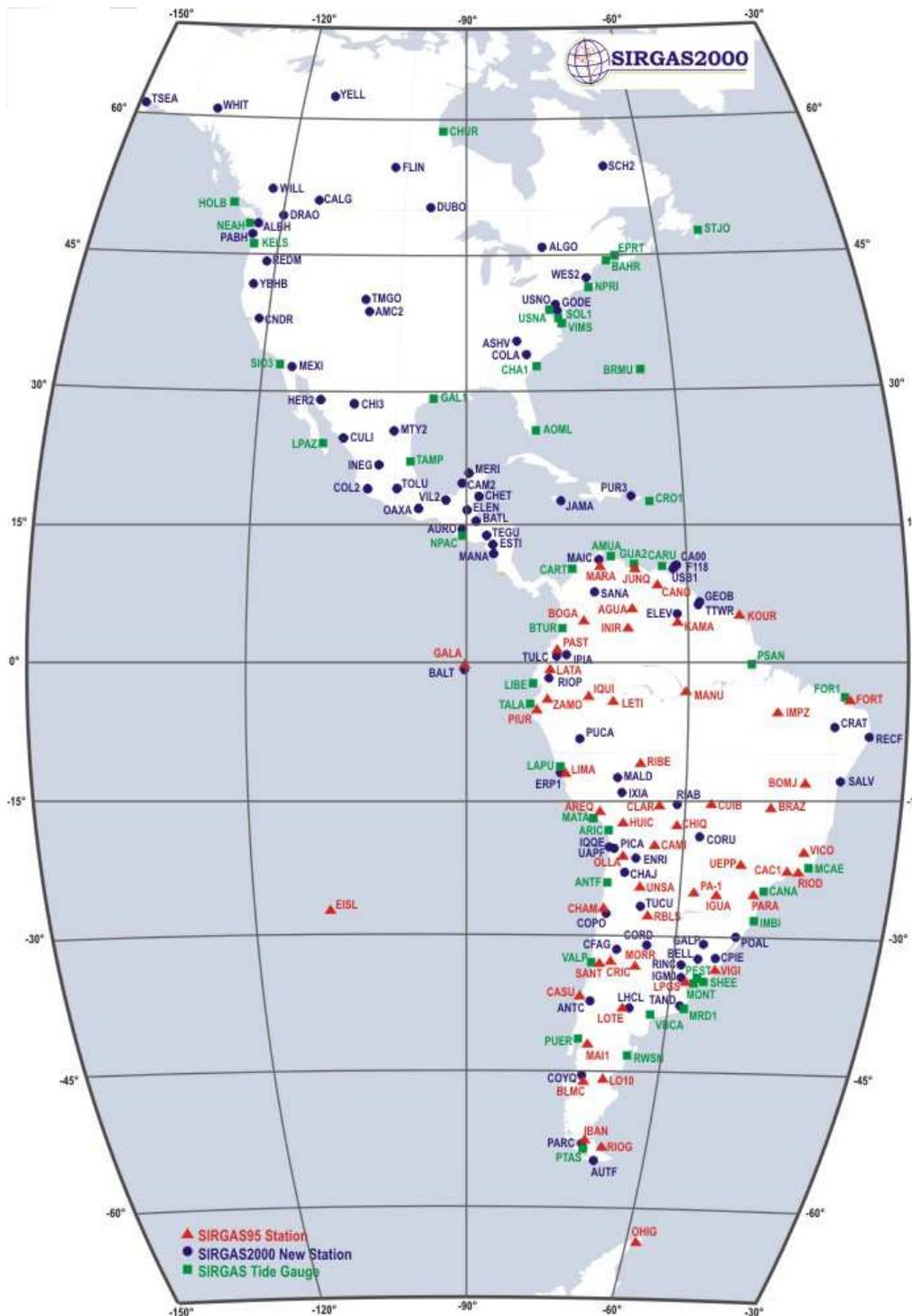
# Evolución de Marcos de Referencia en Argentina



# POSGAR 94

## Posiciones Geodésicas Argentinas

- Medición, años 93 y 94
- 127 Puntos
  - 54 IGM
  - 23 CAP
- Procesamiento software comercial
- Vinculado a WGS84
- Oficializado por el IGM el 13 de mayo de 1997



# SIRGAS

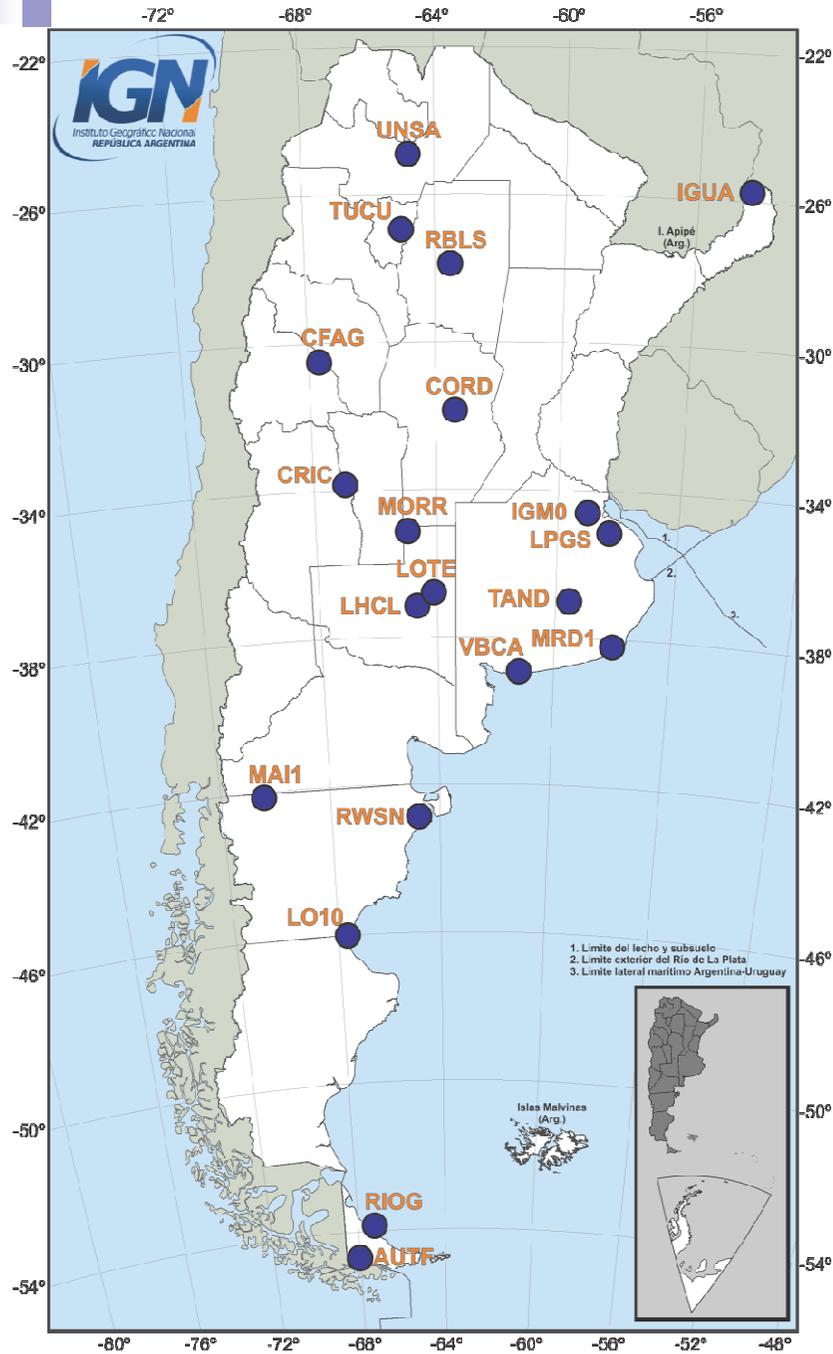
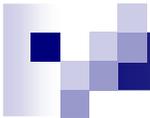
## Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas

1995

- 58 Puntos en América del Sur
- 10 Puntos en Argentina

2000

- 184 Puntos en toda América
- 20 Puntos en Argentina
- 43 Mareógrafos



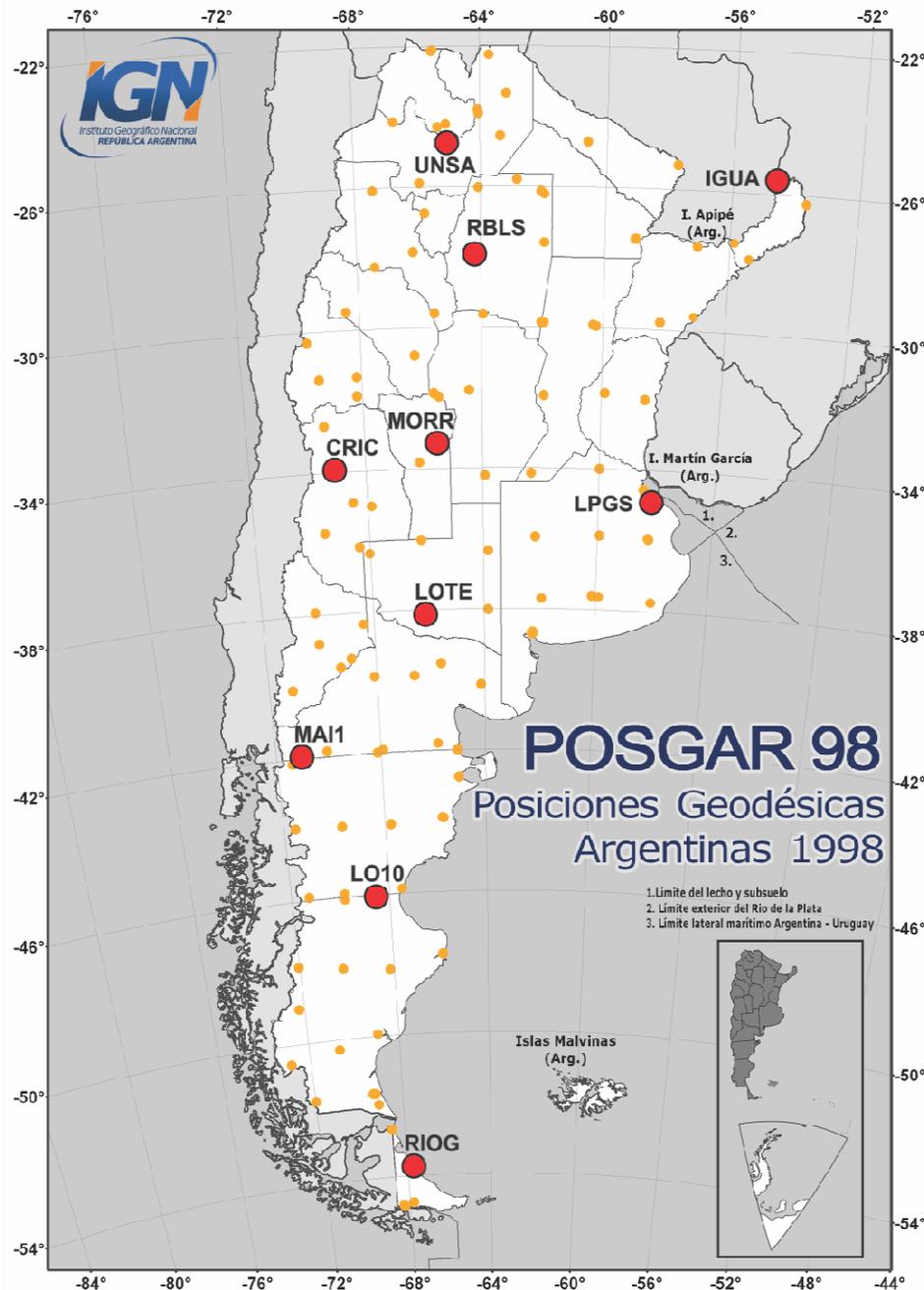
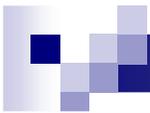
# SIRGAS ARGENTINA

1995

- 10 Puntos en total
- 6 Puntos POSGAR

2000

- 20 Puntos en total
- 12 Estaciones Permanentes
- 3 Mareógrafos

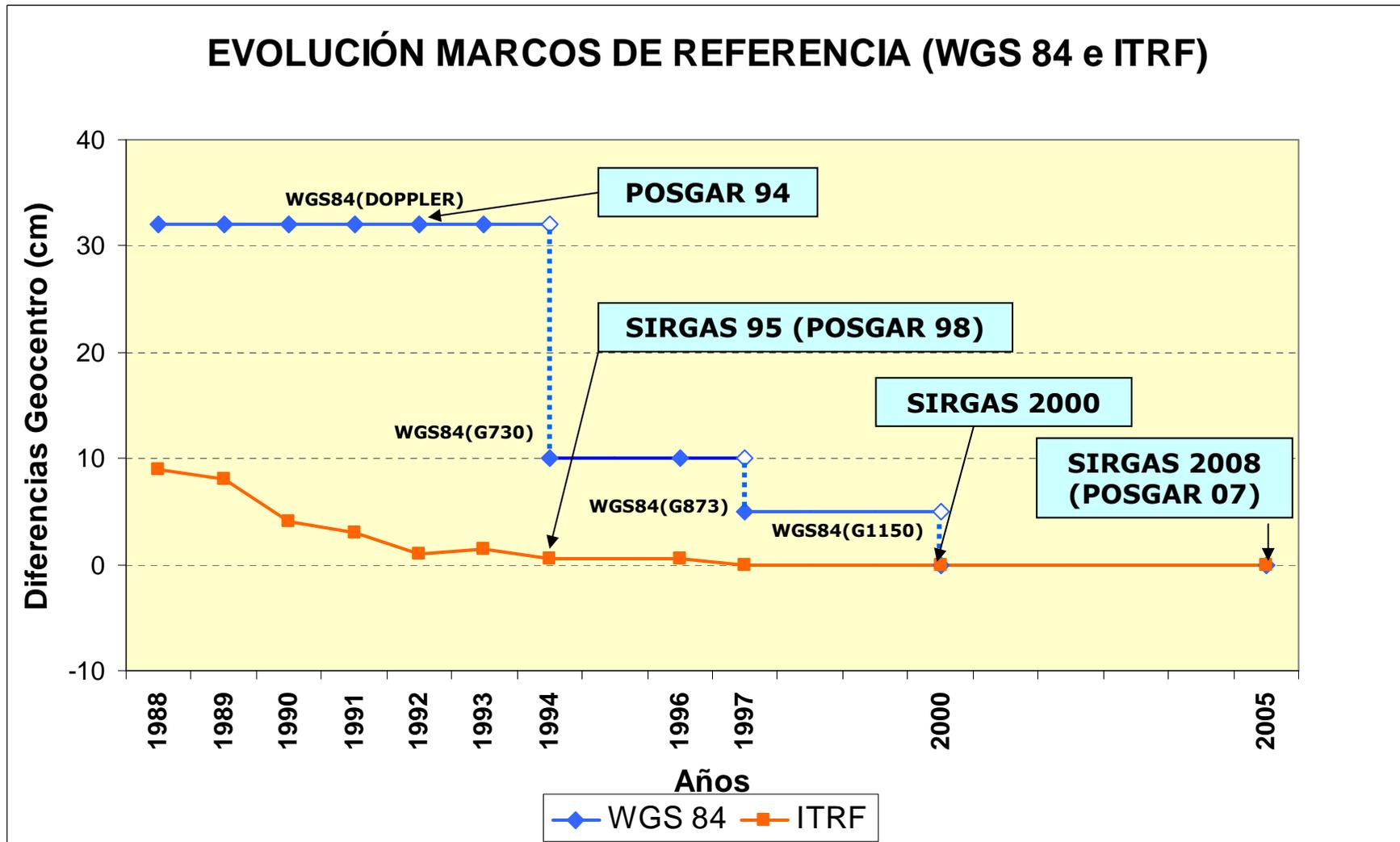


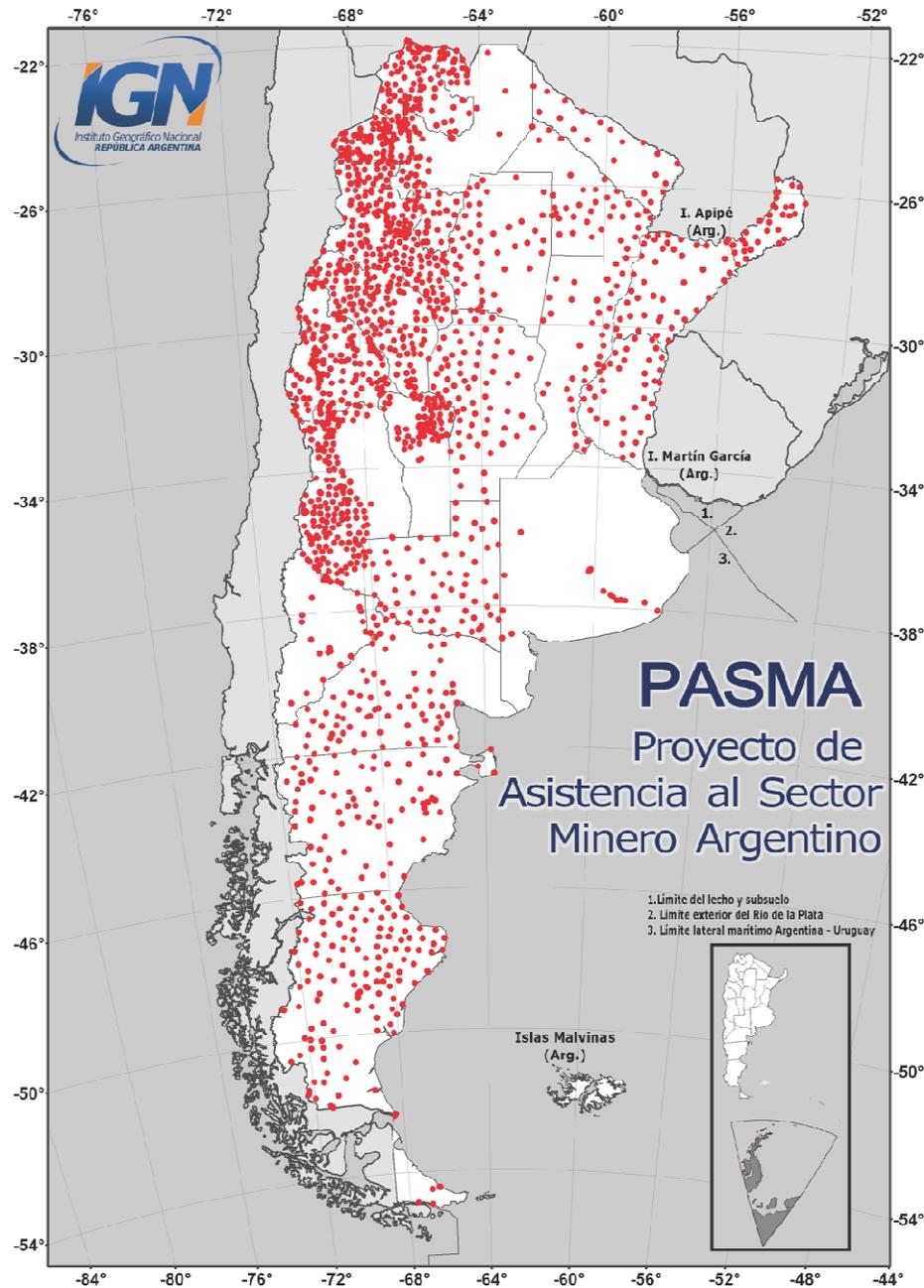
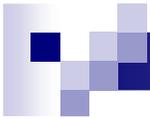
# POSGAR 98

- Mediciones de POSGAR 94
- 3 Nuevos Puntos de Red
- 6 Estaciones Permanentes
- 136 Puntos
- Vinculación a ITRF 94 a través de puntos SIRGAS
- Procesamiento en software científico Bernese 4.0
- Sistema NO OFICIALIZADO por el IGM

# RELACIÓN ENTRE WGS 84 e ITRF

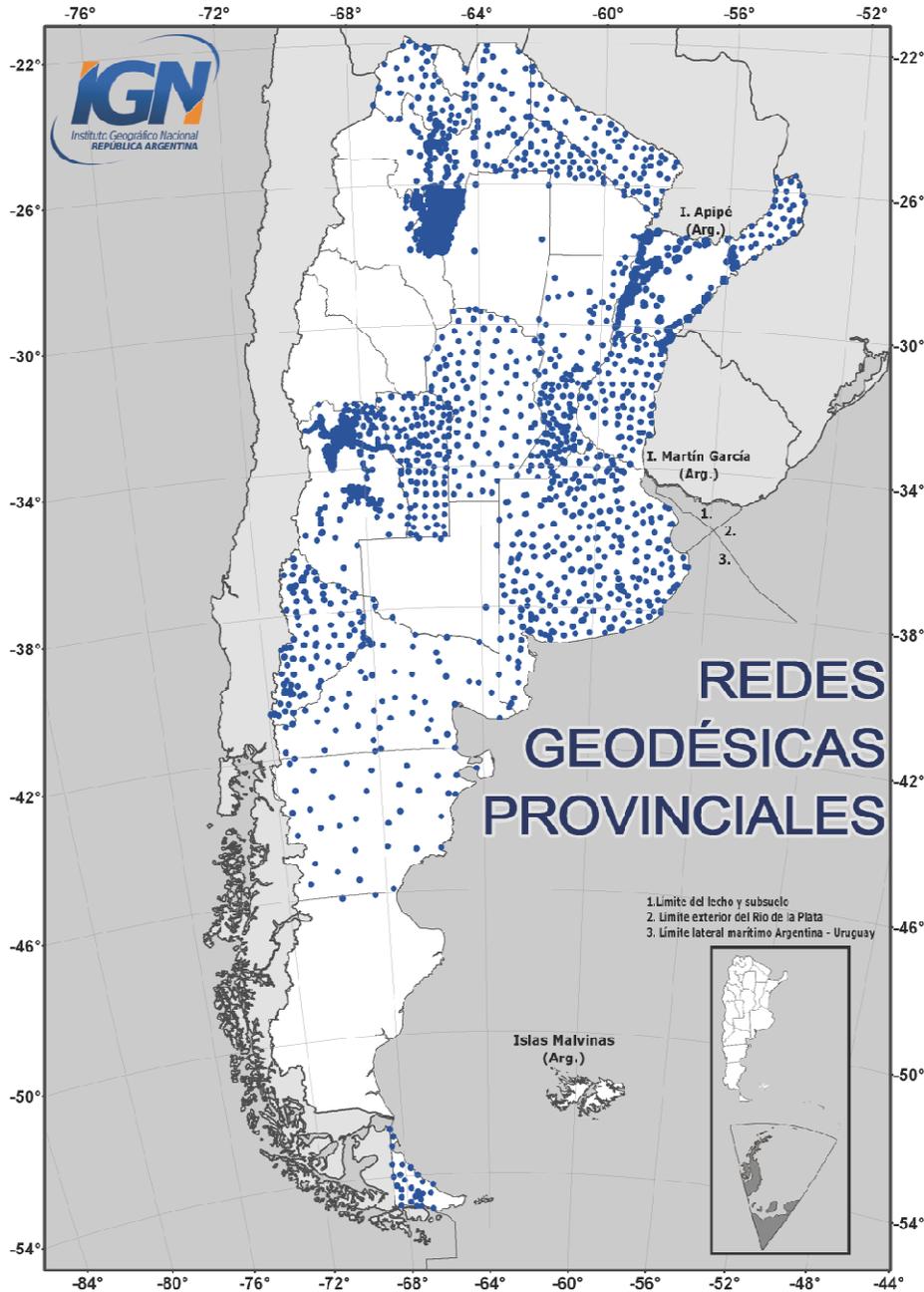
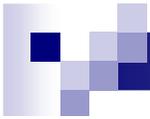
(World Geodetic System 84 – International Terrestrial Reference Frame)





# PASMA

- Proyecto de Asistencia al Sector Minero Argentino
- Medición entre los años 1997 y 2002
- Aprox. 1800 puntos
- Vinculado a **POSGAR 94**



# Redes provinciales

- Aprox. 3000 puntos
- Vinculadas a **distintos** Marcos de Referencia

# Marcos de Referencia en Argentina

## Situación al año 2005

PROVINCIA	MARCO DE REFERENCIA
BUENOS AIRES	POSGAR 94
CÓRDOBA	POSGAR 94
CORRIENTES	POSGAR 94
ENTRE RÍOS	POSGAR 94
FORMOSA	POSGAR 94
JUJUY	POSGAR 94
MISIONES	POSGAR 94
NEUQUÉN	POSGAR 94
RÍO NEGRO	POSGAR 94
SAN JUAN	POSGAR 94
SAN LUIS	POSGAR 94
SANTIAGO DEL ESTERO	POSGAR 94

PROVINCIA	MARCO DE REFERENCIA
CATAMARCA	CAMPO INCHAUSPE
CHACO	CAMPO INCHAUSPE
LA PAMPA	CAMPO INCHAUSPE
LA RIOJA	CAMPO INCHAUSPE
SANTA CRUZ	CAMPO INCHAUSPE
SANTA FE	WGS 84
CHUBUT	SAGA
MENDOZA	POSGAR 98
SALTA	POSGAR 98
TUCUMÁN	POSGAR 98
TIERRA DEL FUEGO	TDF 95
PASMA	POSGAR 94

Necesidad de **UNIFICAR** los marcos de referencia

# Marcos de Referencia Globales Modernos

Estaciones GPS  
**Permanentes.**

Registran datos los 365 días del año.



Resistencia

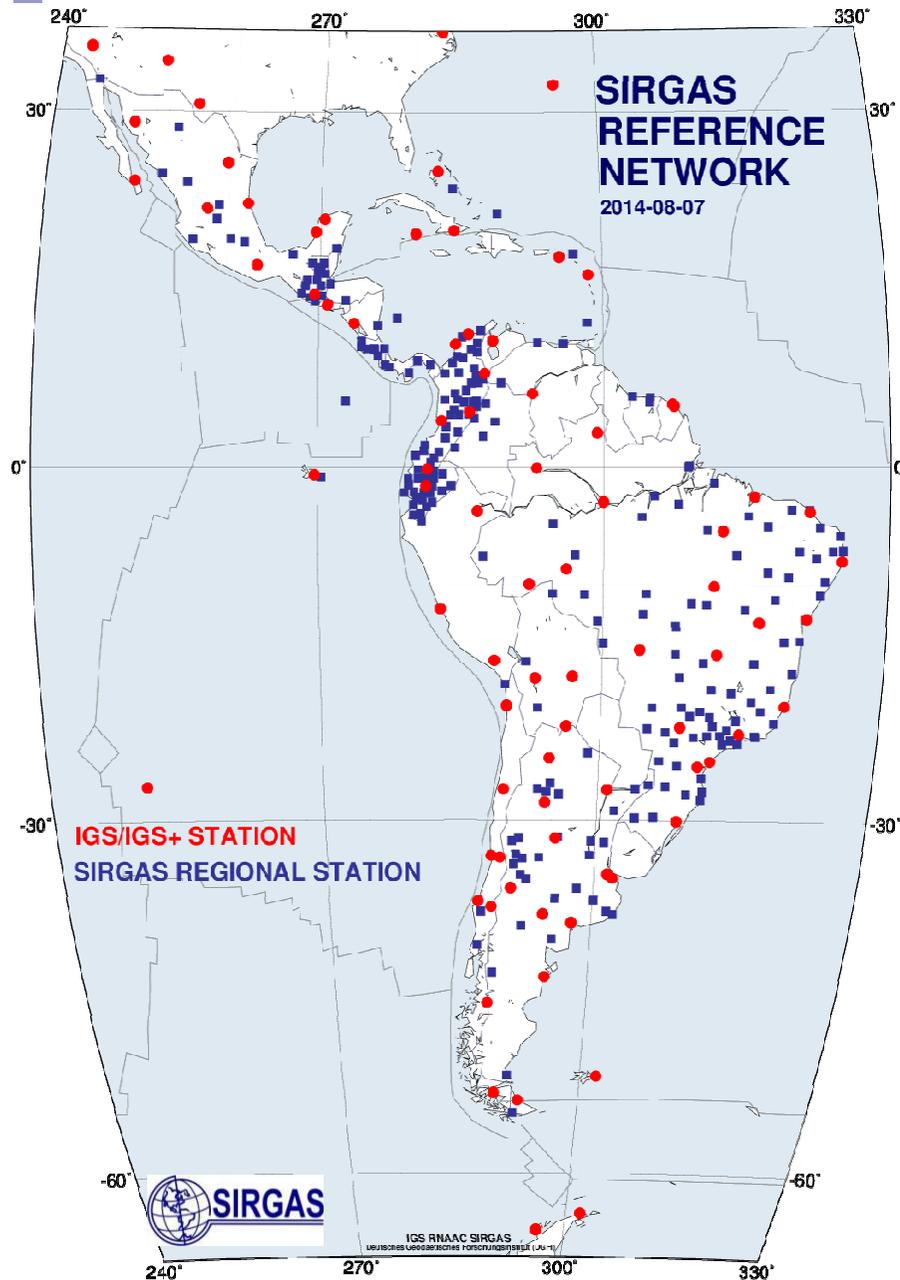
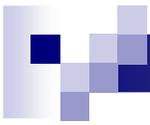


Glaciar Perito Moreno

# Marcos de Referencia Globales Modernos

## ITRF (Marco de Referencia Terrestre Internacional)



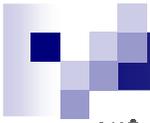


## Marcos de Referencia Modernos

# SIRGAS-CON

Red de operación continua

- 392 Estaciones GNSS Permanentes
- Densificación de **ITRF**
- Constituida principalmente por el aporte de Instituciones Nacionales y Provinciales (Catastros), Universidades, Consejos Profesionales y Empresas Privadas.
- 44 estaciones argentinas



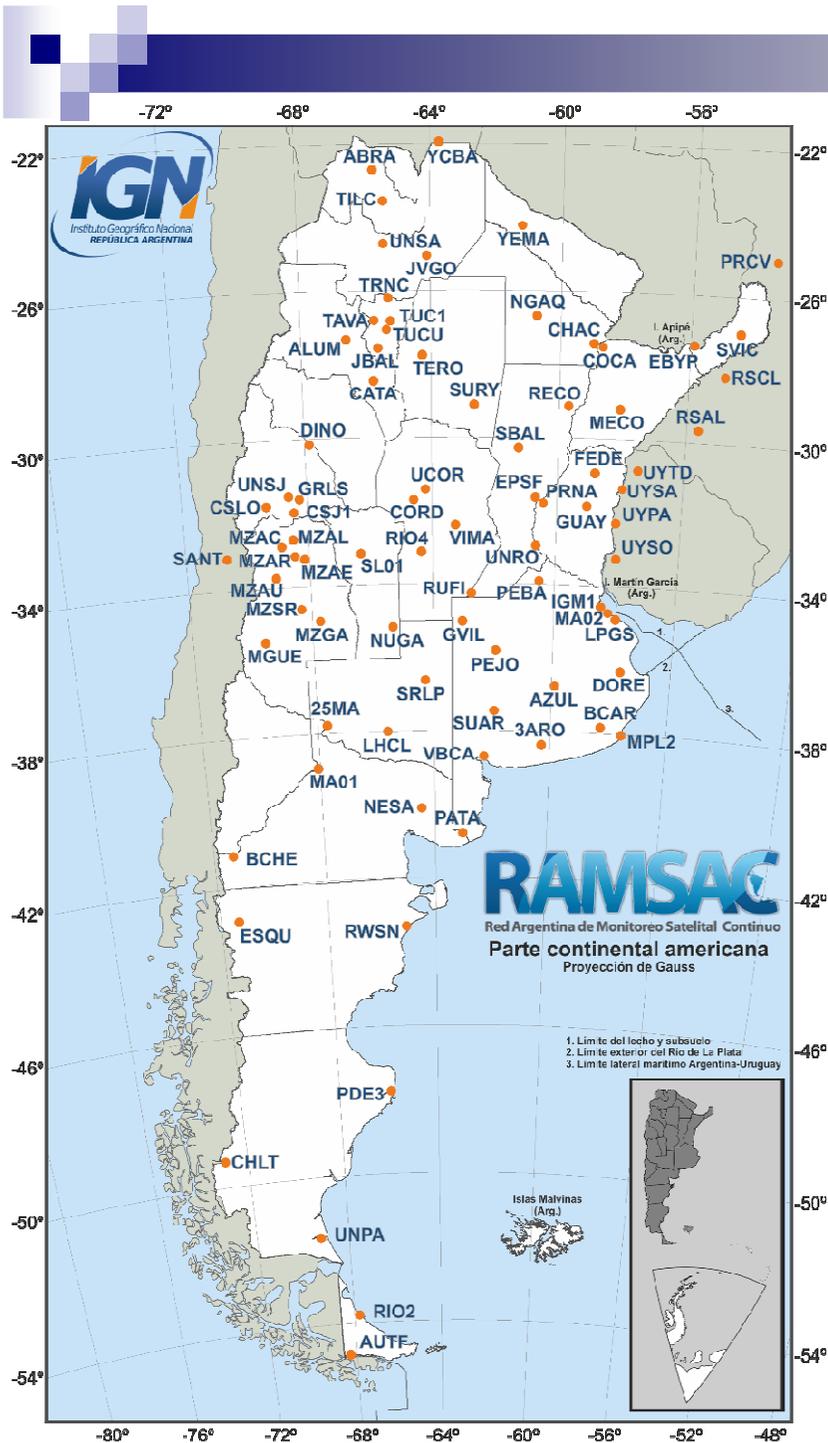
# SIRGAS-CON-D SUR

Aproximadamente 100 Estaciones GNSS Permanentes que componen la Red Sur.

Estaciones Argentinas que todavía están en proceso de incorporación a SIRGAS.

Puntos de la Red POSGAR 07.

Estrategia de procesamiento adaptada a los requerimientos de SIRGAS.



# Marcos de Referencia Modernos

## RAMSAC

Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo

- Nace en 1998
- Actualmente está compuesta por 86 estaciones GPS permanentes
- Servidor de datos gratuito para usuarios
- Constituida principalmente por el aporte de Instituciones Nacionales y Provinciales (Catastros), Universidades, Consejos Profesionales y Empresas Privadas.

# RAMSAC - Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo

**IGN** Instituto Geográfico Nacional  
REPÚBLICA ARGENTINA

Ministerio de Defensa  
Presidencia de la Nación

Nuestro Instituto   Nuestras Actividades   Nuestros Servicios

**BÚSQUEDA**

**ACCESOS RÁPIDOS**

Productos y servicio ▼  
Descargas... ▼  
Enlaces útiles ▼

## INTRODUCCIÓN

# RAMSAC

### Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo

El Marco de Referencia Geodésico Nacional constituye la base fundamental sobre la que se apoya toda la cartografía del País. Sin marco de referencia no hay cartografía posible.

Sobre este marco de referencia desarrollan sus tareas las **Provincias, Municipios, Catastros, empresas públicas, privadas y usuarios particulares.**

Los marcos de referencia en la actualidad están siendo definidos con mucha precisión a través de las **estaciones permanentes instaladas por todo el planeta**, las que reciben en forma continua datos provenientes de las constelaciones de satélites **NAVSTAR** y **GLONASS**. El Sistema se lo denomina por sus siglas en inglés GNSS (Global Navigation Satellite System), y las estaciones son las que materializan los marcos de referencia a nivel mundial.

En consistencia con la tendencia

## RAMSAC

**Introducción**

- Historia
- Descarga de archivos RINEX
- Estado de las estaciones permanentes
- Mapa de la red
- Estadísticas de descarga
- Consultas Frecuentes
- Documentación Técnica

### TE PUEDE INTERESAR...

- Introducción
- Nueva estación gps permanente en la provincia del chaco
- Taller de marcos de referencia geodésico para catastro
- Introducción
- Estado de Estaciones GNSS Permanentes
- Descarga de archivos RINEX
- Red POSGAR 94
- RAMSAC - Descarga de

# RAMSAC - Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo

The screenshot displays the RAMSAC website interface. At the top, there is a header with the IGN logo (Instituto Geográfico Nacional, REPÚBLICA ARGENTINA) and the Ministry of Defense logo (Ministerio de Defensa, Presidencia de la Nación). Navigation tabs include 'Nuestro Instituto', 'Nuestras Actividades', and 'Nuestros Servicios'. The main content area is titled 'DESCARGA DE ARCHIVOS RINEX'. It features a search bar with a 'BÚSQUEDA' label and an 'ir' button. Below the search bar, there are sections for 'ACCESOS RÁPIDOS' with dropdown menus for 'Productos y servicio', 'Descargas...', and 'Enlaces útiles'. A paragraph explains the download process and provides the email 'araifo@ign.gob.ar' for assistance. A 'Seleccione el Intervalo:' dropdown is set to '15 segundos'. The 'Estaciones Disponibles' list includes: 25MA, 3ARO, ABRA, ALUM, AUTF, AZUL, BCAR, BCHE, CATA, and CFAG. There are '>>' and '<<' buttons between the 'Estaciones Disponibles' and 'Estaciones Elegidas' lists. On the right, a 'RAMSAC' sidebar contains links for 'Introducción', 'Historia', 'Descarga de archivos RINEX' (highlighted), 'Estado de las estaciones permanentes', 'Mapa de la red', 'Estadísticas de descarga', 'Consultas Frecuentes', and 'Documentación Técnica'. At the bottom right, a 'TE PUEDE INTERESAR...' section lists 'Introducción', 'Nueva estación gps permanente en la provincia del chaco', 'Taller de marcos de referencia geodésico para catastro', 'Introducción', 'Estado de Estaciones GNSS Permanentes', and 'Descarga de archivos RINEX'.

# RAMSAC - Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo

**IGN** Instituto Geográfico Nacional REPÚBLICA ARGENTINA

Ministerio de Defensa Presidencia de la Nación

Nuestro Instituto | Nuestras Actividades | Nuestros Servicios

**BÚSQUEDA**

**ACCESOS RÁPIDOS**

- Productos y servici
- Descargas...
- Enlaces útiles

**ESTADO DE ESTACIONES GNSS PERMANENTES**

Est.	Último Archivo	Fecha	Interv. [seg.]	Estado
25MA	25ma097o.14d.Z	07/04/2014 14:00:00	01	ONLINE
3ARO	3aro097o.14d.Z	07/04/2014 14:00:00	01	ONLINE
ABRA	abra097o.14d.Z	07/04/2014 14:00:00	01	ONLINE
ALUM	alum097o.14d.Z	07/04/2014 14:00:00	01	ONLINE
AUTF	autf096w.14d.Z	06/04/2014 22:00:00	01	ONLINE
AZUL	azul097o.14d.Z	07/04/2014 14:00:00	01	ONLINE
BCAR	bcar097o.14d.Z	07/04/2014 14:00:00	01	ONLINE
BCHE	bche097m.14d.Z	07/04/2014 12:00:00	01	SIN NOVEDAD
CATA	cata097o.14d.Z	07/04/2014 14:00:00	01	ONLINE
		07/04/2014		

**RAMSAC**

- Introducción
- Historia
- Descarga de archivos RINEX
- Estado de las estaciones permanentes**
- Mapa de la red
- Estadísticas de descarga
- Consultas Frecuentes
- Documentación Técnica

**TE PUEDE INTERESAR...**

- Introducción
- Nueva estación gps permanente en la provincia del chaco
- Taller de marcos de referencia geodésico para catastro
- Introducción
- Estado de Estaciones GNSS Permanentes
- Descarga de archivos RINEX
- Red POSGAR 94

# RAMSAC - Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo

RUFI	rufi2240.14d.Z	12/08/2014 00:00:00	05	SIN NOVEDAD
RWSN	rwsn225o.14d.Z	13/08/2014 14:00:00	01	ONLINE
SANT	sant106a.13d.Z	16/04/2013 00:00:00	01	FUERA DE FUNCIONAMIENTO
SBAL	sbal225o.14d.Z	13/08/2014 14:00:00	01	ONLINE
SL01	sl01219w.14d.Z	07/08/2014 22:00:00	01	OFFLINE
SPRZ	sprz2240.14d.Z	12/08/2014 00:00:00	05	ONLINE

■ ONLINE | ■ SIN NOVEDAD | ■ OFFLINE | ■ FUERA DE FUNCIONAMIENTO

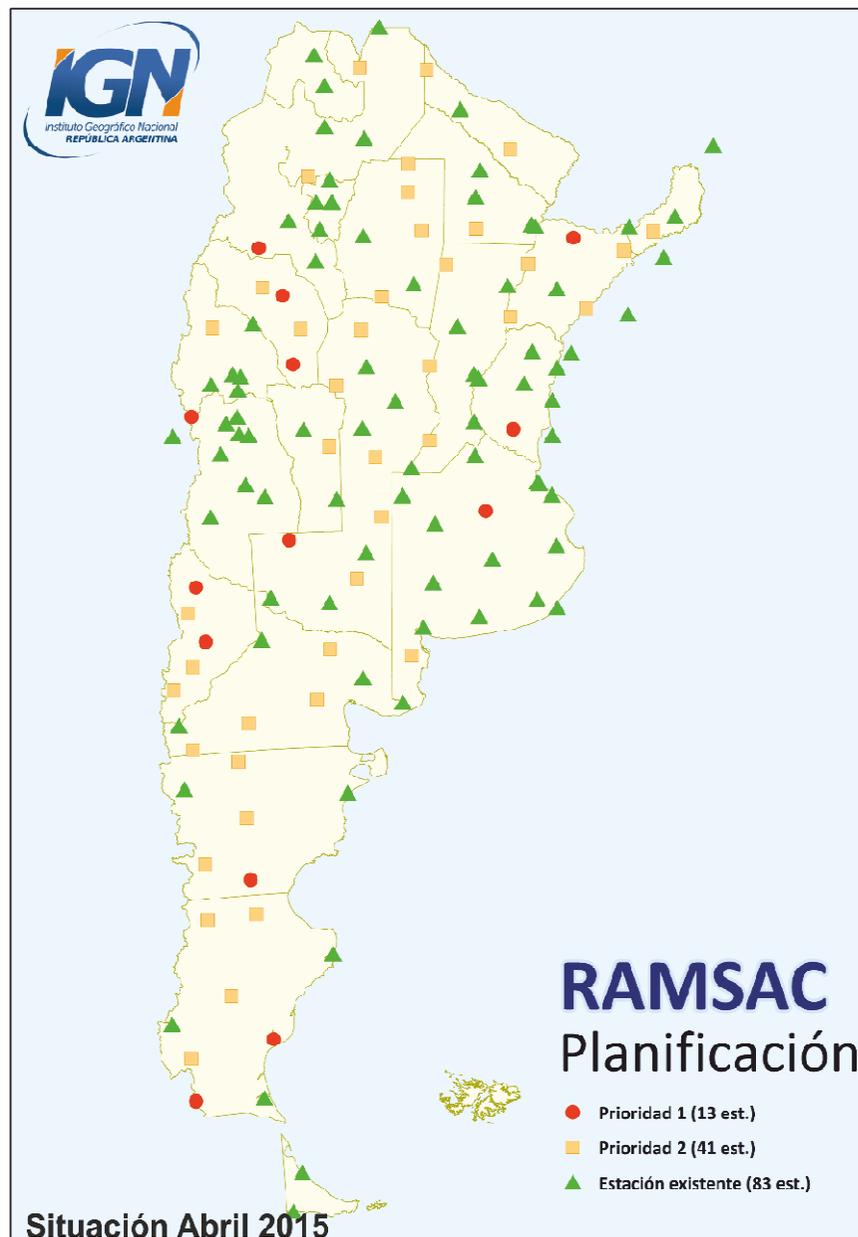
El estado **ONLINE** indica que la estación está registrando datos y se puede acceder a ellos.

El estado **SIN NOVEDAD** se refiere a que no se han tenido noticias de anomalías por parte de los administradores locales. En caso de recibir notificación negativa de alguna estación se colocará en el estado FUERA DE FUNCIONAMIENTO.

El estado **OFFLINE** indica que la estación puede o no estar registrando datos pero se ha perdido la conexión momentaneamente para poder acceder a la misma.

El estado **FUERA DE FUNCIONAMIENTO** se refiere a que la estación no está registrando momentaneamente datos.

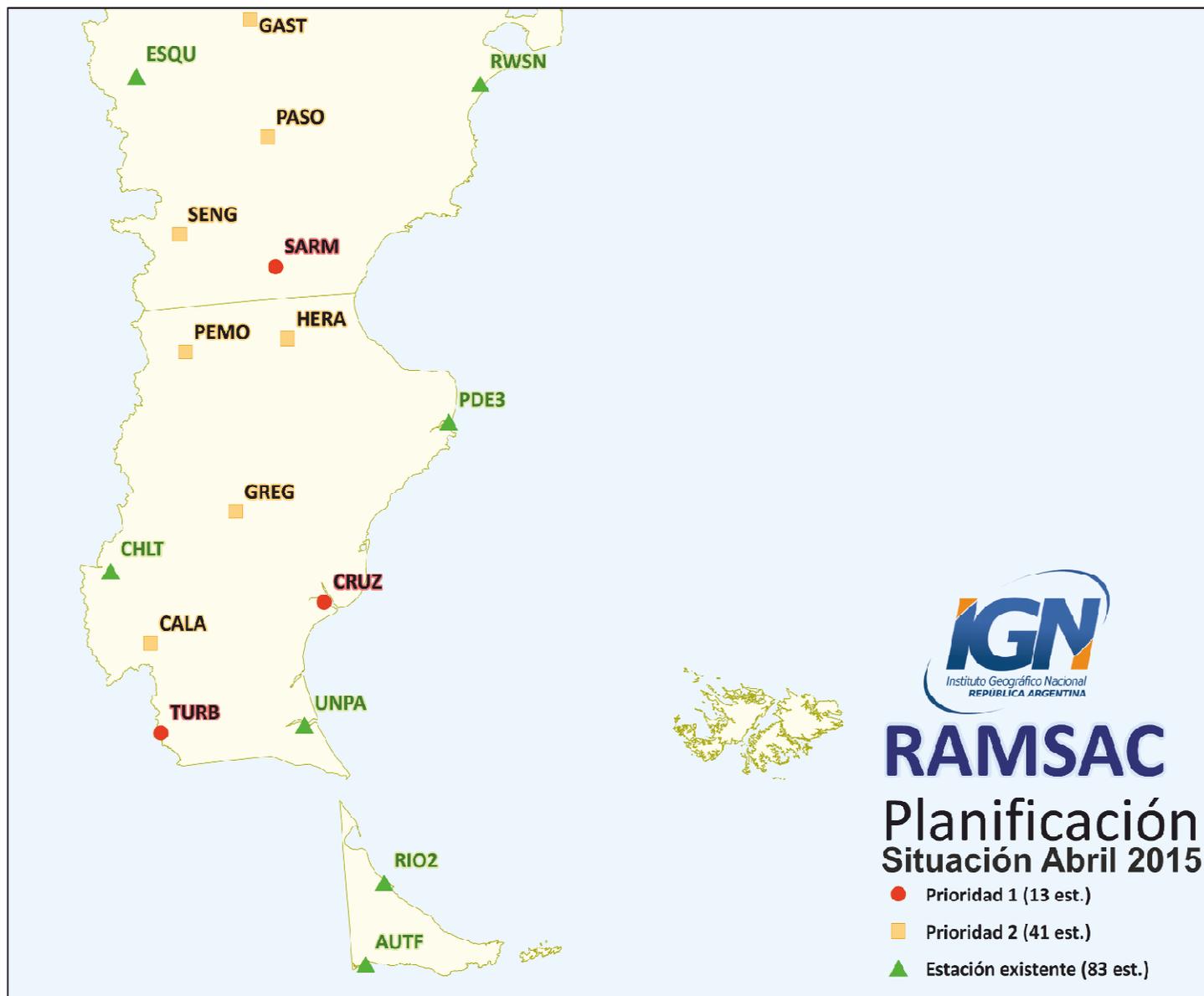
# Futuro de RAMSAC







# Futuro de RAMSAC - Sur

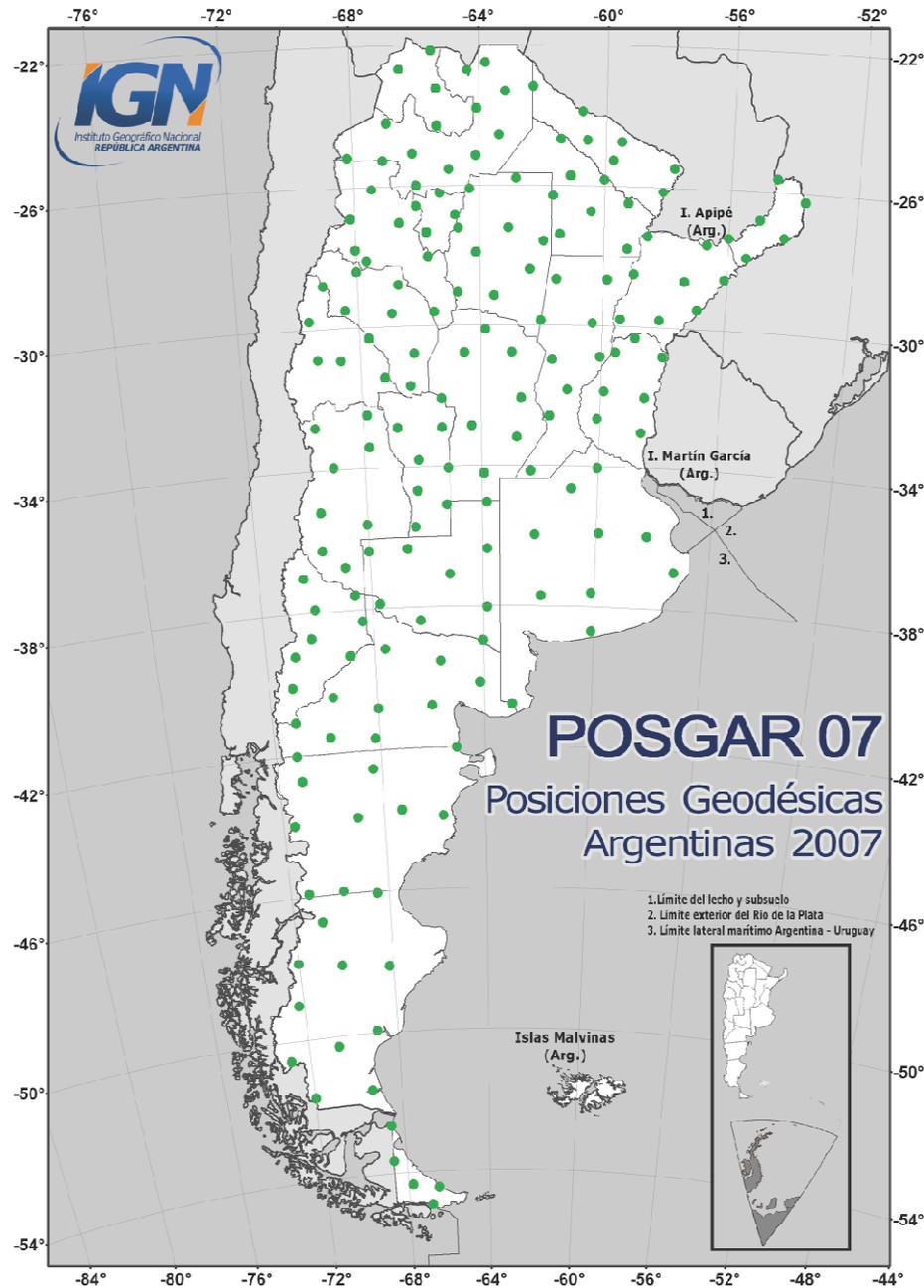
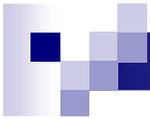




# Marcos de Referencia

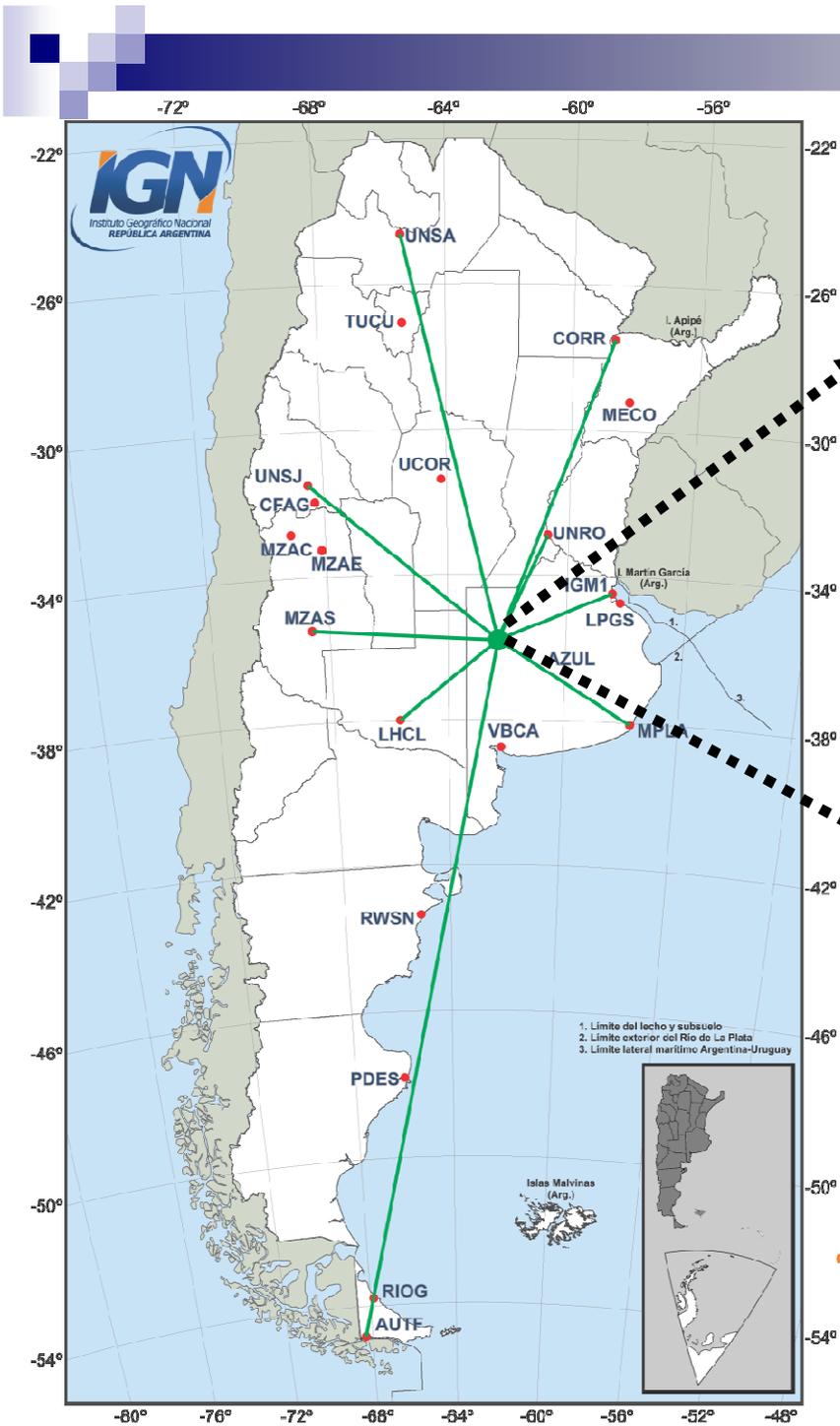
**ITRF → SIRGAS → POSGAR 07**

Año 2005 se comienza a medir una nueva red denominada **POSGAR 07** (Posiciones Geodésicas Argentinas del año 2007)



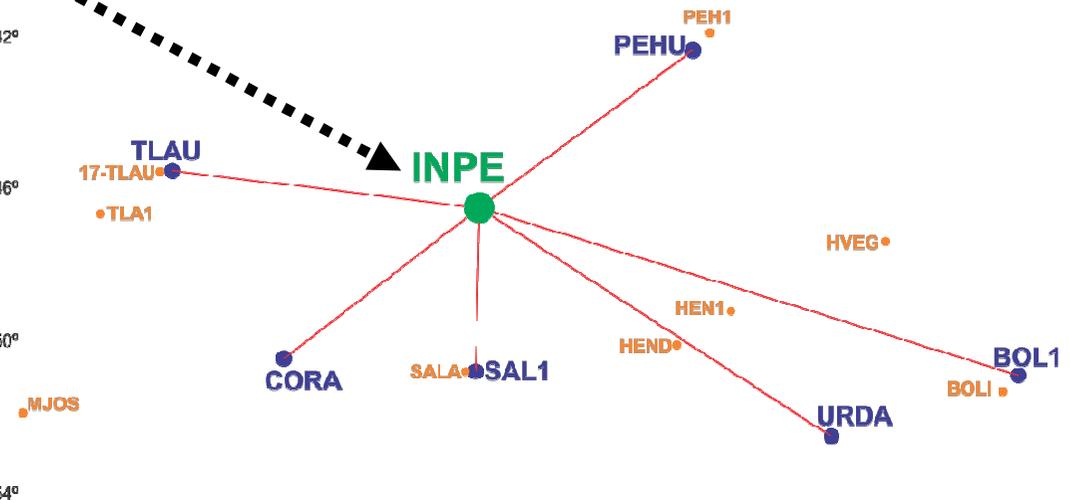
# Remediación de la Red POSGAR

- 130 puntos de la Red POSGAR original
- 48 nuevos puntos distribuidos en las provincias
- Un total de 178 puntos de la nueva Red POSGAR en el marco ITRF 2005
- Aprox. 7 puntos por provincia (POSGAR, PASMA y Redes Provinciales)



# POSGAR 07

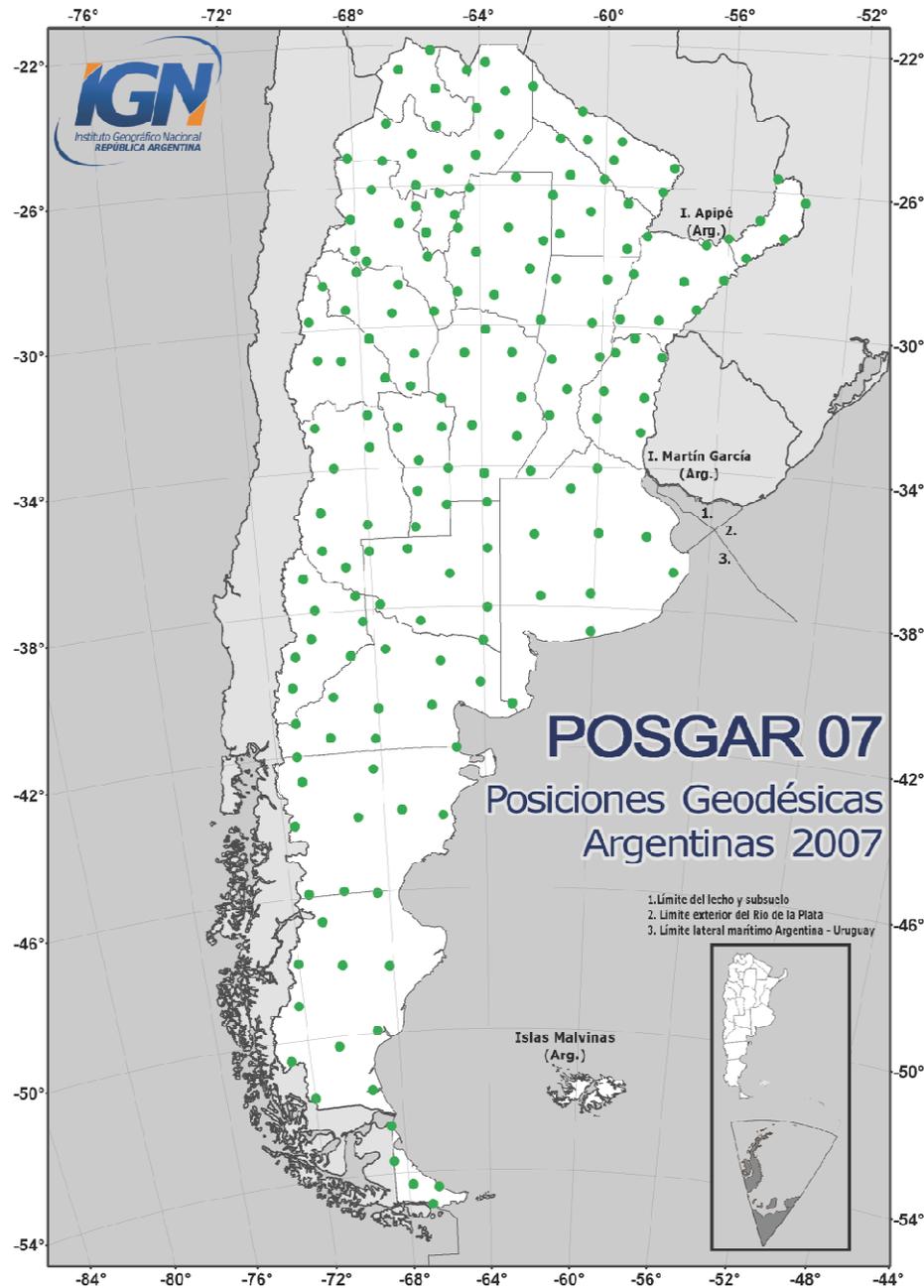
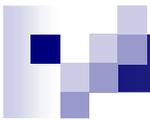
- 36 horas de medición sobre puntos de redes PASMA o Provinciales
- Radiaciones de 3 horas sobre otros puntos próximos también pertenecientes a las redes PASMA o Provinciales





## POSGAR 07

- La medición se realizó desde junio del año 2005 hasta octubre de 2007.
- 178 puntos con coordenadas en un Marco de Referencia **ÚNICO** y homogéneo.
- Desde los 178 puntos se midieron 436 puntos adicionales, que permitieron determinar la integración de cada una de las redes Provinciales y PASMA.
- Se oficializó el 15 de mayo del año 2009.



# POSGAR 07

- 86 estaciones GPS permanentes (RAMSAC)
- 178 puntos de primer orden
- Aprox. 4500 puntos pertenecientes a redes PASMA y Provinciales
- Se procesó utilizando el software científico **GAMIT-GLOBK**



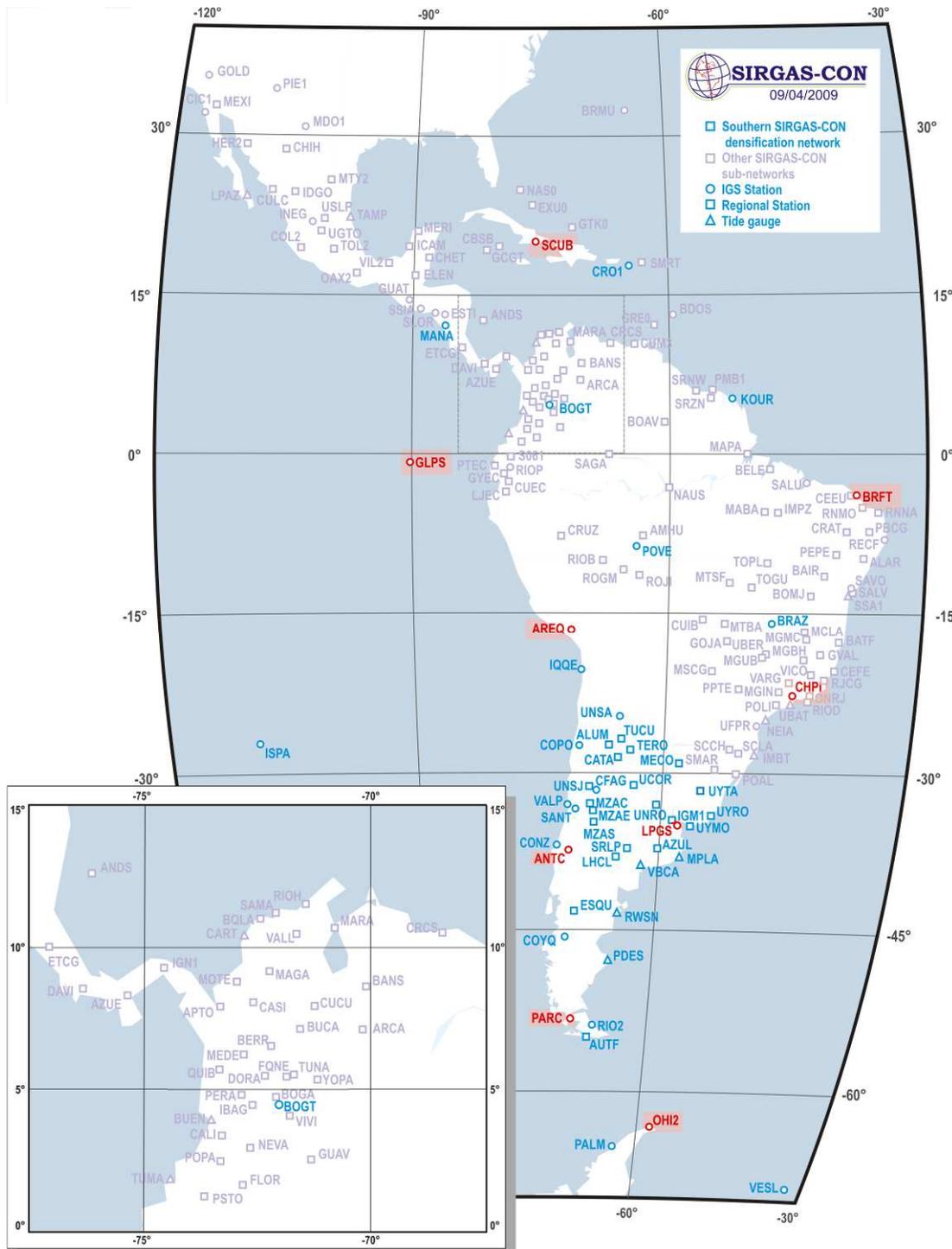
## **PROCESAMIENTO DE DATOS GNSS PARA EL AJUSTE DE POSGAR 07**

Se llevan las coordenadas de las estaciones de la Red SIRGAS-CON-D a la época de definición de POSGAR07 (2006.632).

La combinación y ajuste de los datos procesados se realiza de acuerdo a la época de medición de la provincia, con las coordenadas y velocidades de SIRGAS.

Se calcula una solución ajustada al Marco SIRGAS por provincia, en la época de medición de la misma.

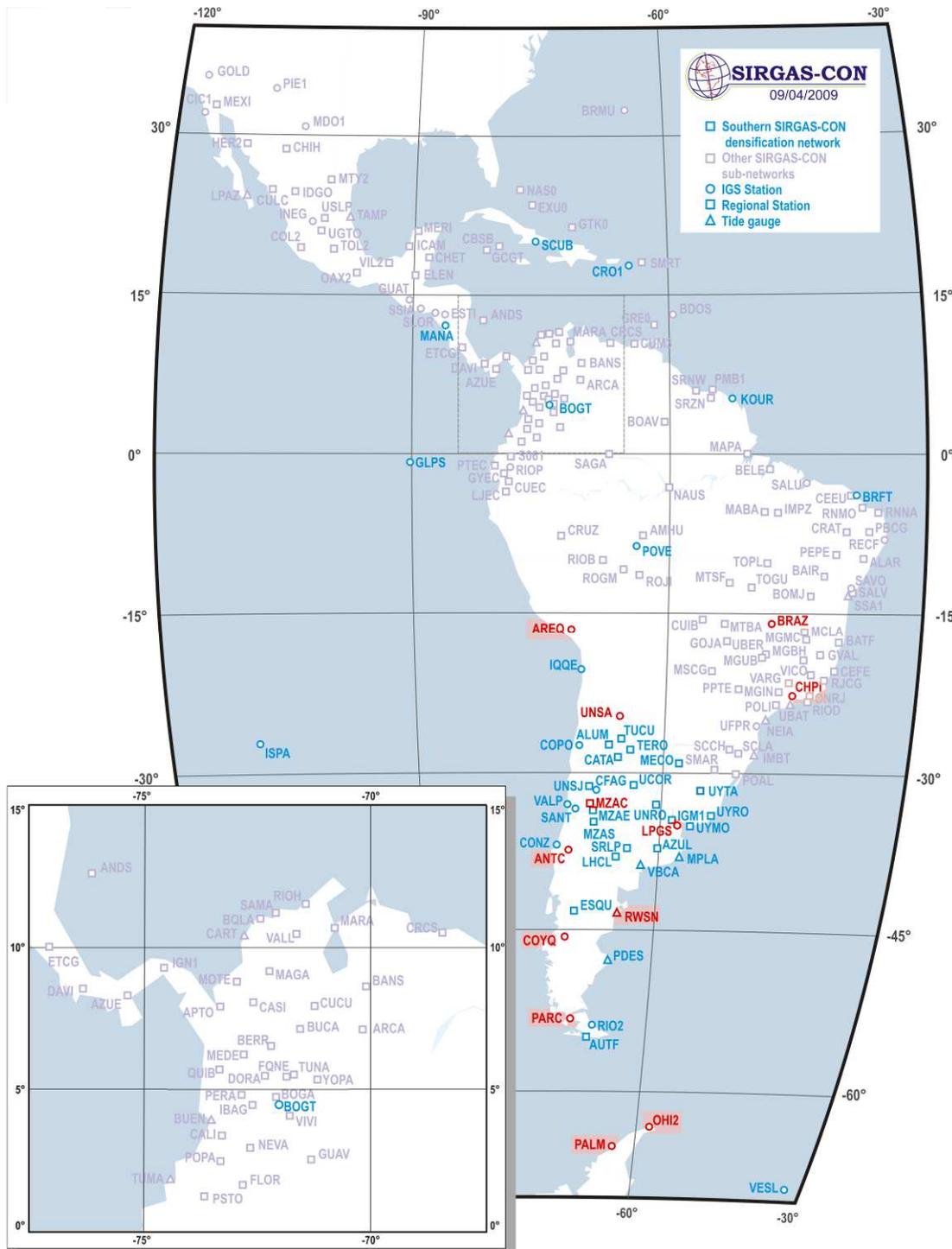
Se lleva la solución ajustada por provincia a la época de POSGAR 07 (2006.632), a través de parámetros de transformación.



# Marco de ajuste de POSGAR 07 a SIRGAS

Se utilizaron las estaciones GNSS permanentes marcadas con rojo para el ajuste de las coordenadas a la época de medición de cada Provincia.

De esta forma se obtiene una solución por provincia que contiene a los puntos POSGAR remediados.

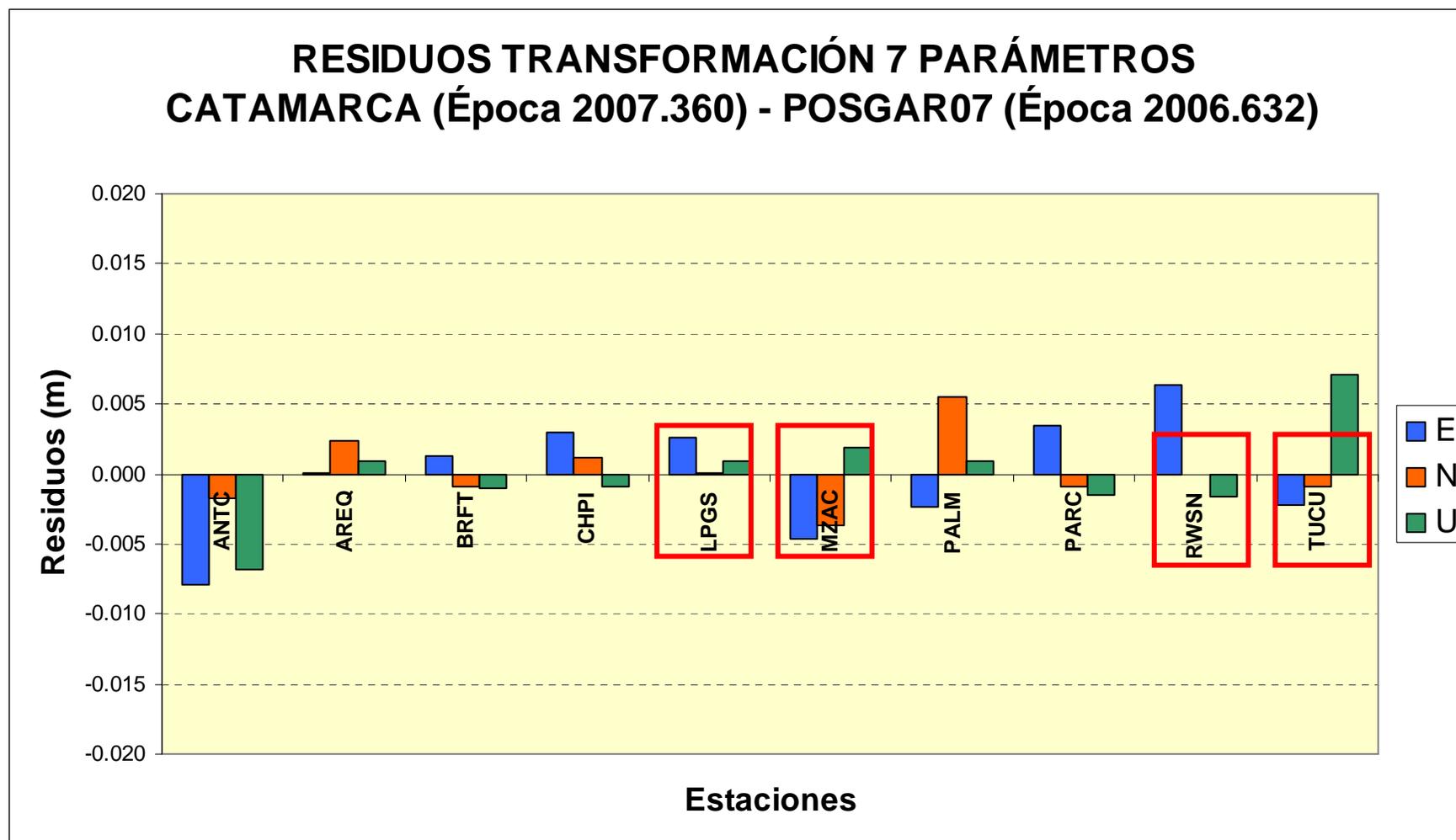


## Parámetros de Transformación

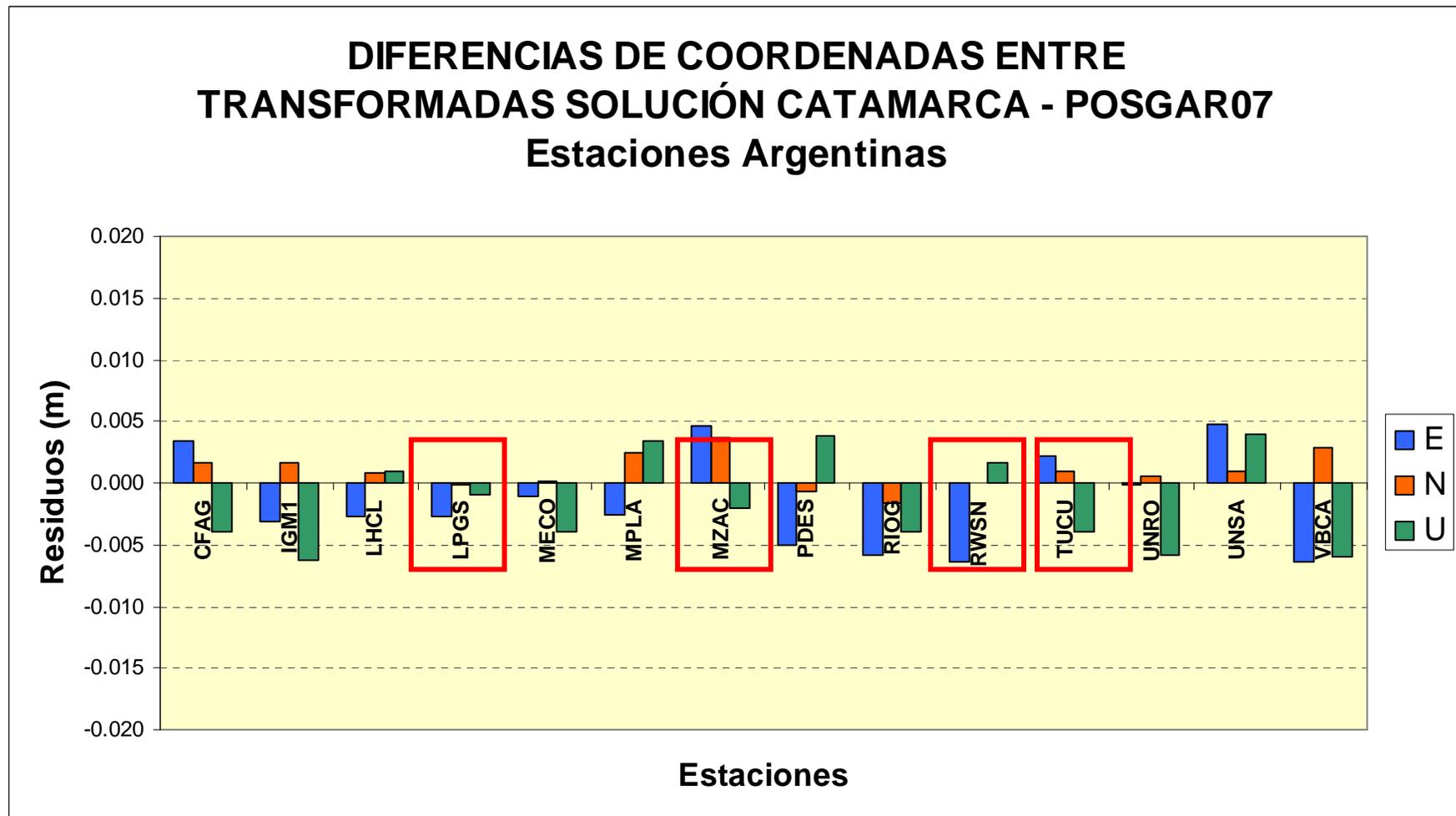
Se utilizaron las estaciones GNSS permanentes marcadas con rojo para el cálculo de los parámetros de transformación entre la solución provincial y POSGAR 07 (época 2006.632).

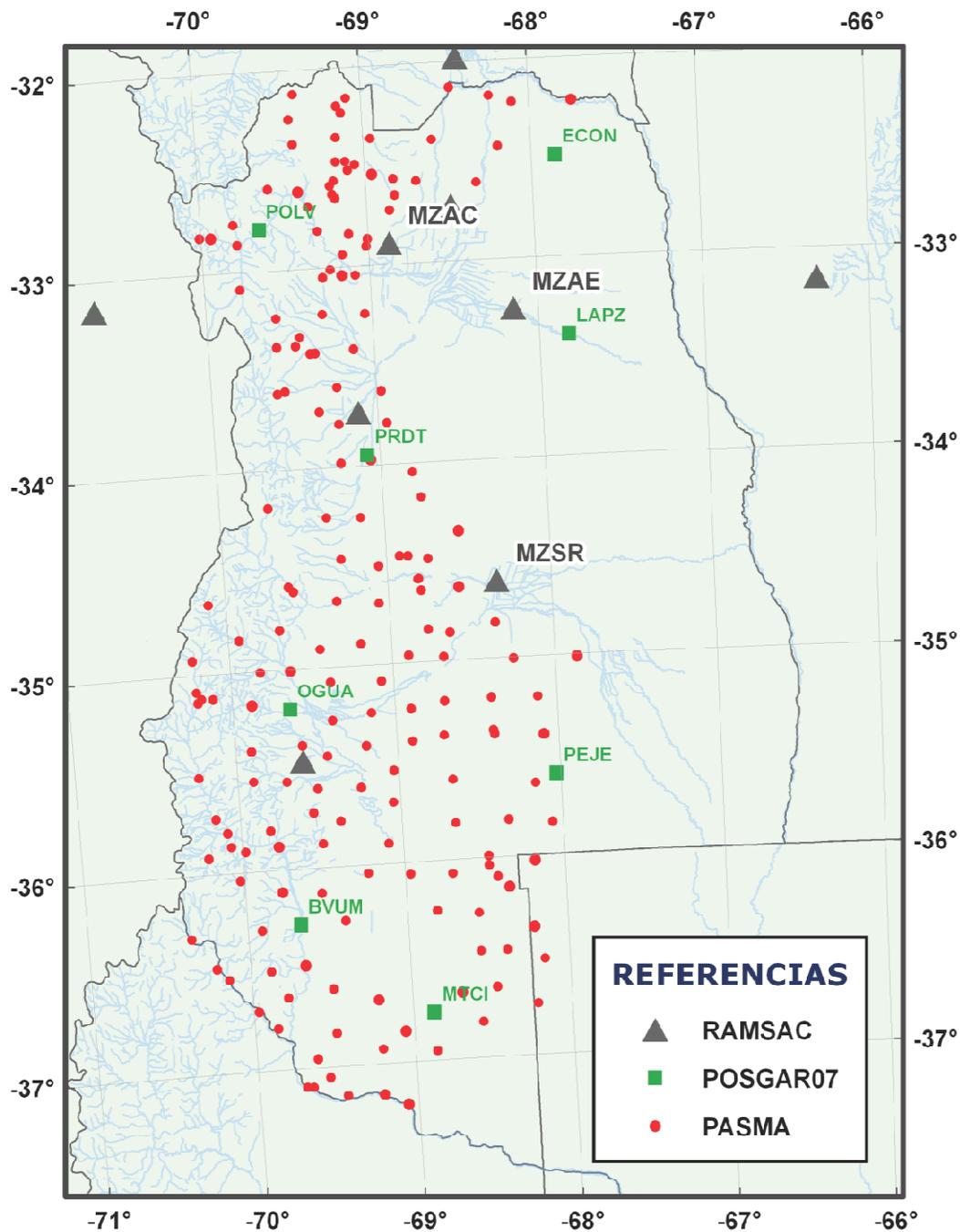
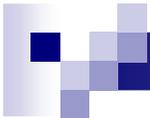
De esta forma se obtienen los parámetros para cada una de las Provincias.

# RESIDUOS DE LA TRANSFORMACIÓN ENTRE CATAMARCA (Época 2007.360) Y POSGAR 07 (Época 2006.632)



# DIFERENCIAS DE COORDENADAS A PARTIR DE PARÁMETROS DE TRANSFORMACIÓN



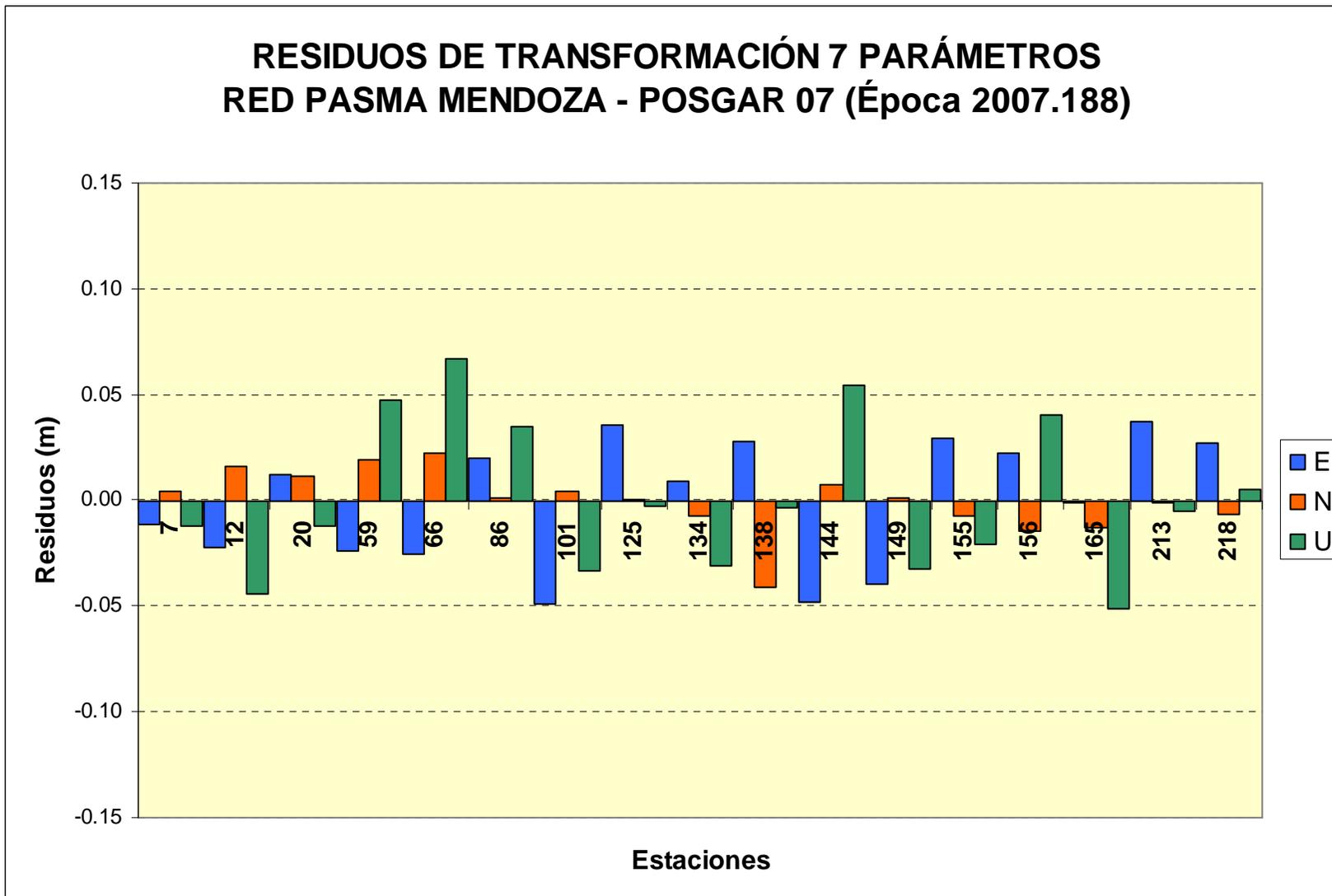


# SELECCIÓN DE PUNTOS

- 0007
- 0012
- 0020
- 0059
- 0066
- 0086
- 0101
- 0125
- 0134
- 0138
- 0144
- 0149
- 0155
- 0165
- 0213
- 0218

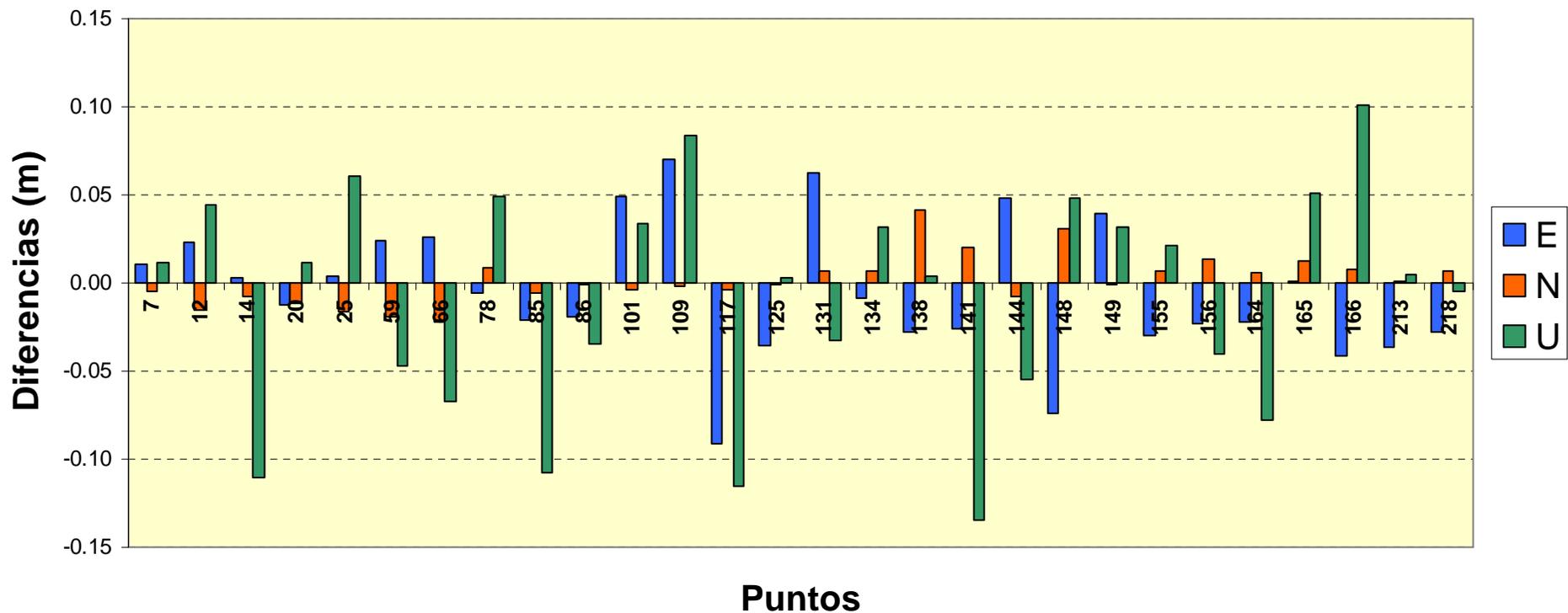
P  
A  
S  
M  
A

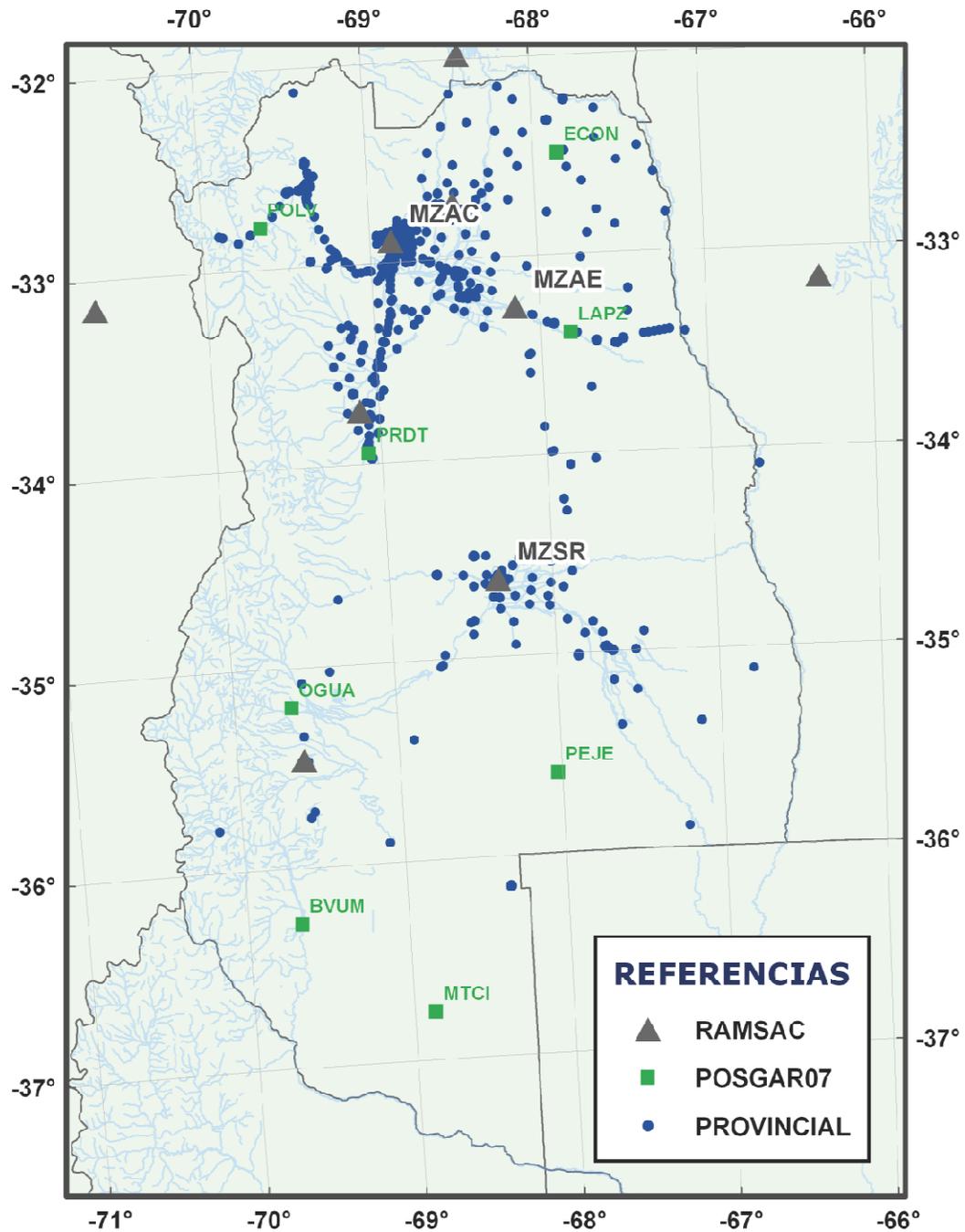
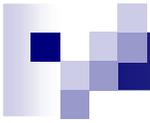
# RESIDUOS DE PARÁMETROS DE TRANSFORMACIÓN DE LA RED PASMA DE MENDOZA



# DIFERENCIAS DE COORDENADAS TRANSFORMADAS – POSGAR 07

DIFERENCIAS DE COORDENADAS ENTRE  
RED PASMA MENDOZA TRANSFORMADAS - POSGAR 07  
(Época 2007.188)





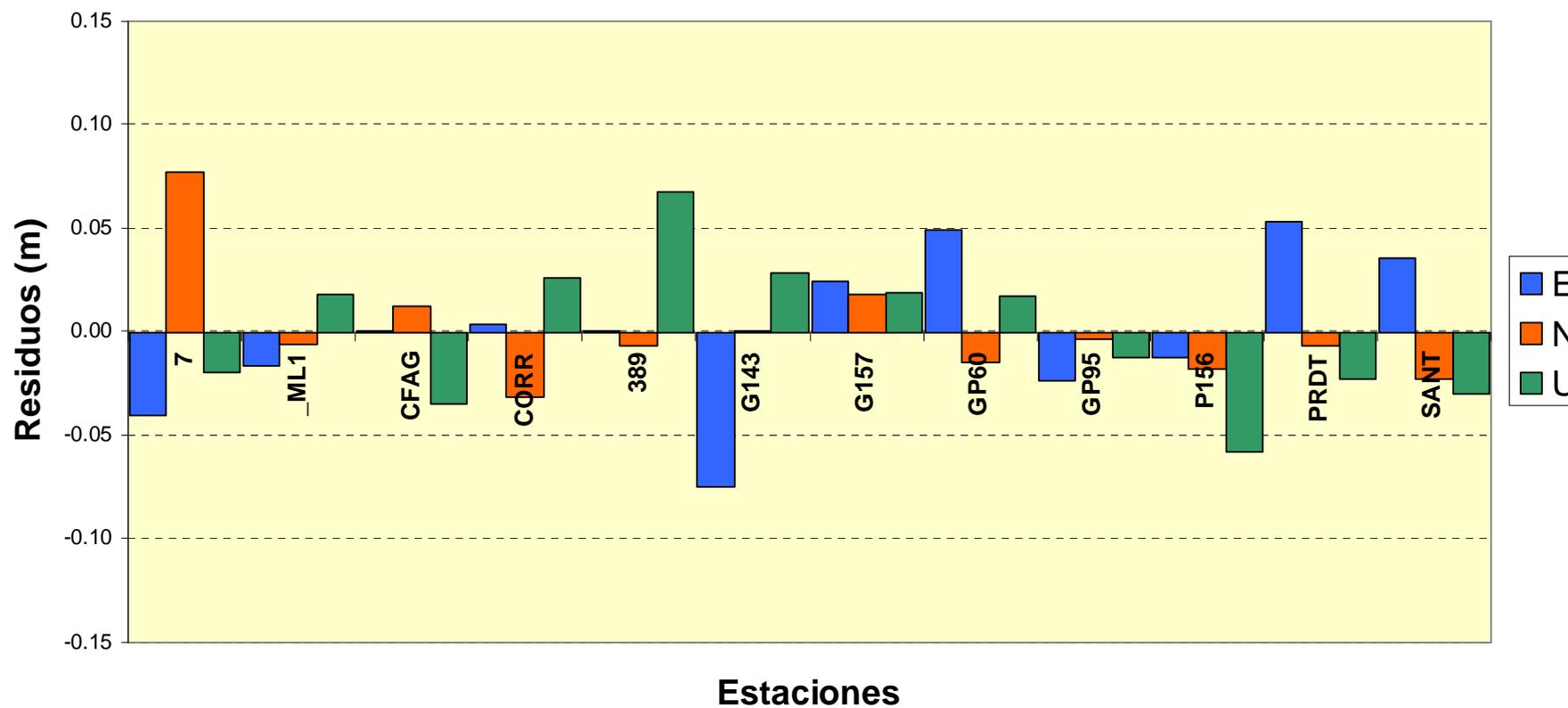
# SELECCIÓN DE PUNTOS

- 0007
- 0389
- GP60
- GP95
- CFAG
- PRDT
- SANT
- 0066
- G143
- G157
- CORR
- P156

**P  
R  
O  
V  
I  
N  
C  
I  
A  
L**

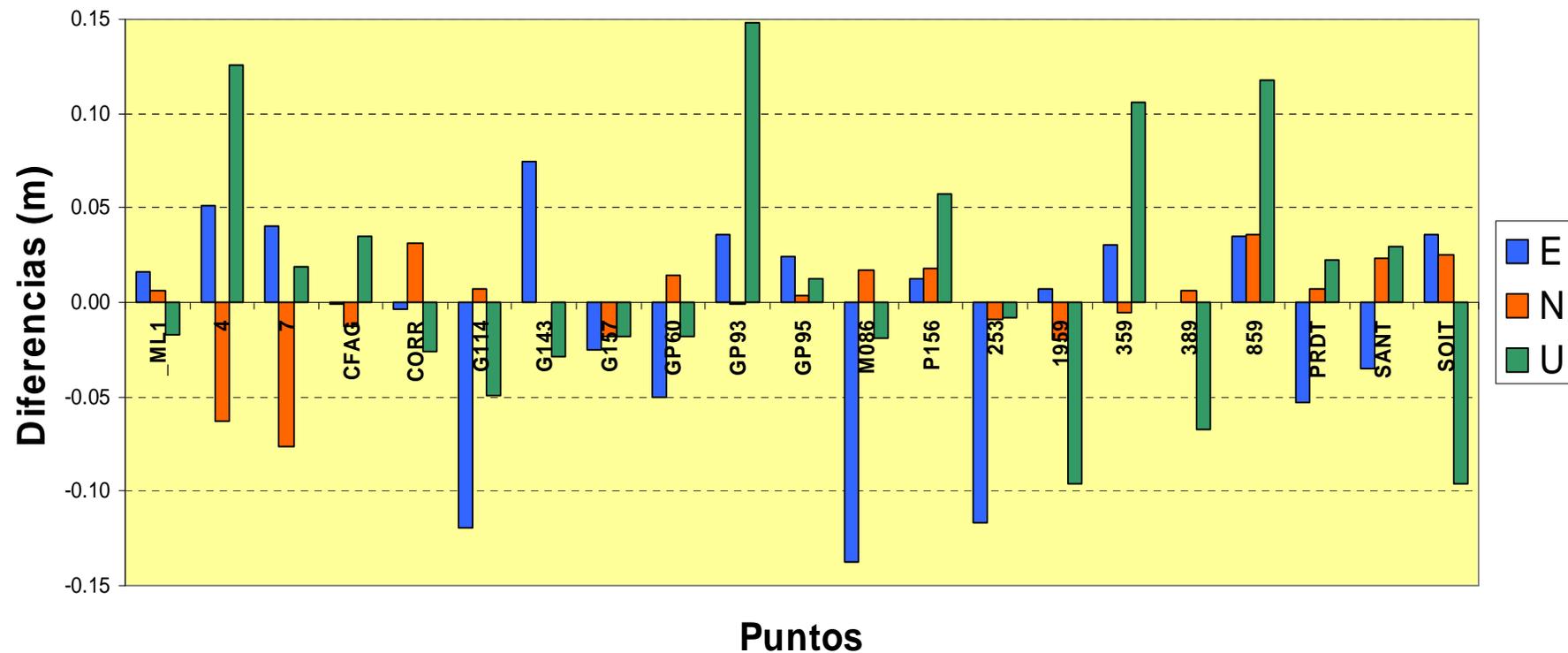
# RESIDUOS DE PARÁMETROS DE TRANSFORMACIÓN DE LA RED PROVINCIAL DE MENDOZA

RESIDUOS DE TRANSFORMACIÓN 7 PARÁMETROS  
RED PROVINCIAL MENDOZA - POSGAR 07 (Época 2007.188)



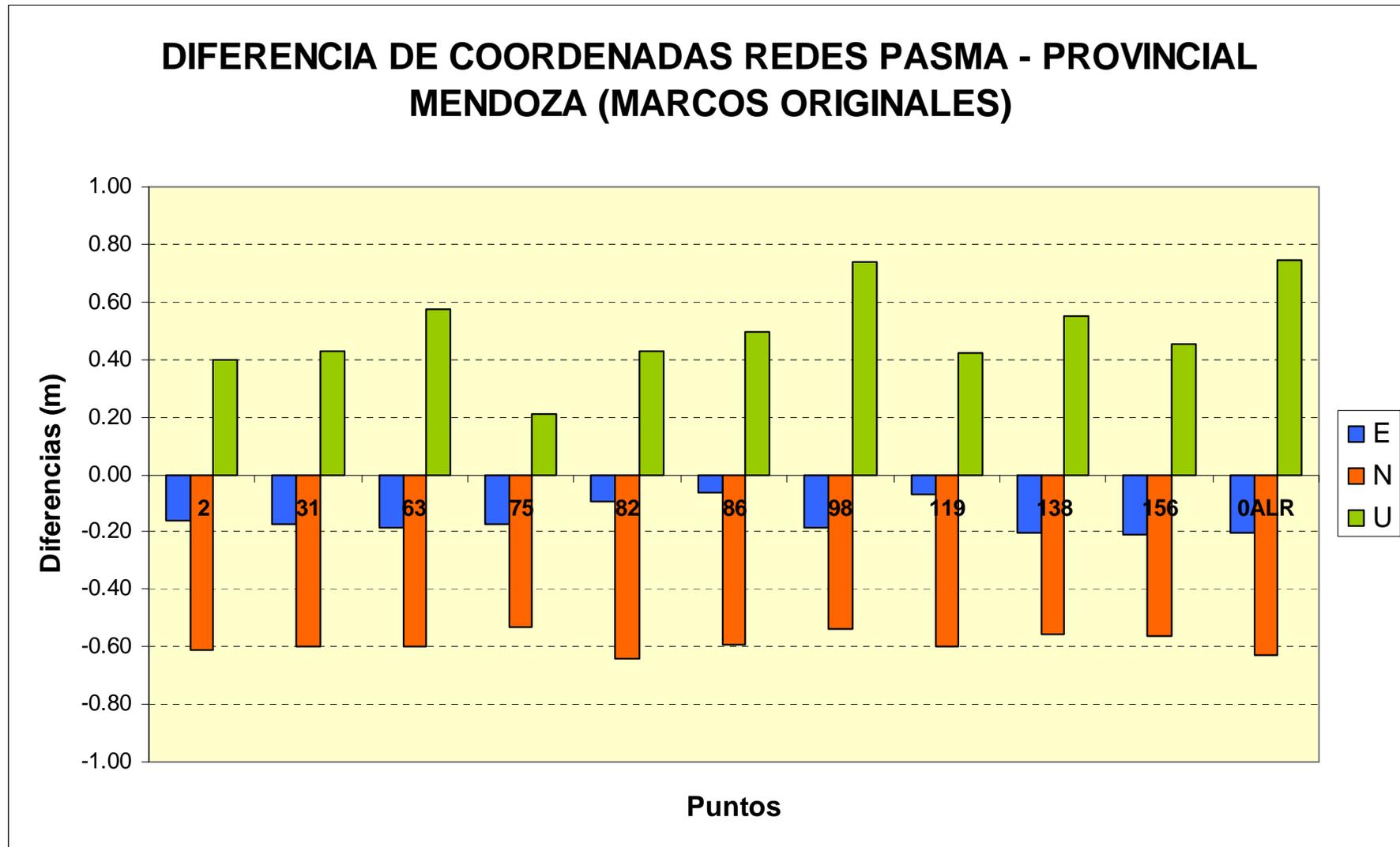
# DIFERENCIAS DE COORDENADAS TRANSFORMADAS – POSGAR 07

## DIFERENCIAS DE COORDENADAS RED PROVINCIAL DE MENDOZA TRANSFORMADAS - POSGAR 07 (Época 2007.188)

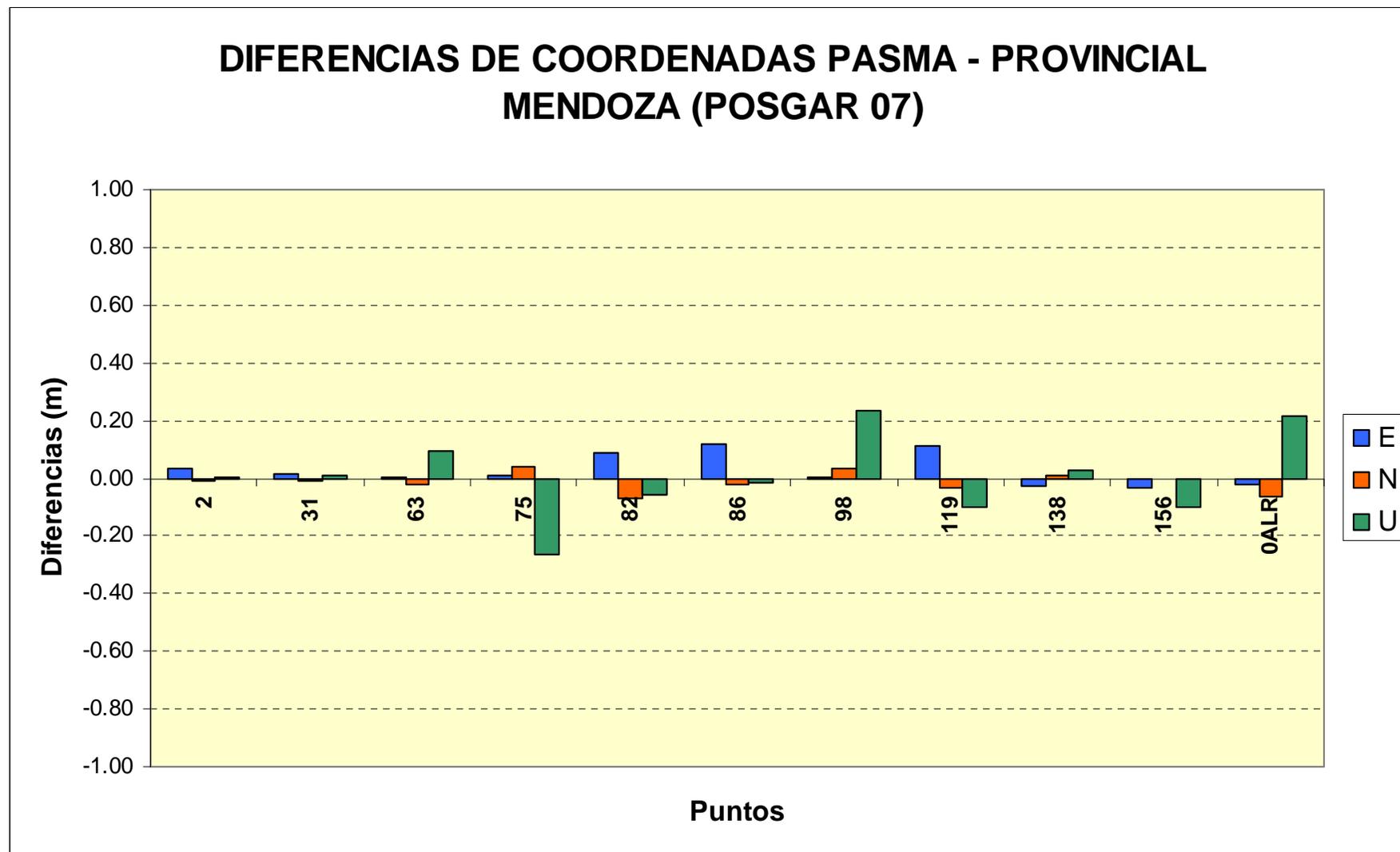


# DIFERENCIAS DE COORDENADAS REDES PASMA - PROVINCIAL

## REDES PASMA - PROVINCIAL



# DIFERENCIAS DE COORDENADAS REDES PASMA - PROVINCIAL



# PARÁMETROS DE TRANSFORMACIÓN ENTRE RED ORIGINAL PROVINCIAL Y POSGAR 07 MENDOZA

Parámetros Bursa-Wolf			
Dx	-0.333		
Dy	-0.144		
Dz	0.008		
Factor Escala	-2.92E-03	<b>-2.917</b>	ppb
Rx	-1.01E-02	<b>-2088417.752</b>	mas
Ry	3.29E-03	<b>677678.618</b>	mas
Rz	-2.92E-03	<b>-601721.262</b>	mas



# PARÁMETROS DE TRANSFORMACIÓN ENTRE RED ORIGINAL PASMA Y POSGAR 07 MENDOZA

Parámetros Bursa-Wolf			
Dx	-2.257		
Dy	-0.107		
Dz	-1.853		
Factor Escala	8.14E-04	0.814	ppb
Rx	-5.99E-02	-12347059.399	mas
Ry	4.13E-02	8508480.972	mas
Rz	8.14E-04	167867.581	mas



# POSGAR 07

- El nuevo Marco POSGAR 07 integra a todos los puntos de las redes Geodésicas Provinciales y PASMA con una precisión suficiente para aplicaciones topográficas y cartográficas.
- El nuevo Marco POSGAR 07 permite el uso de todas las estaciones GPS permanentes de la red RAMSAC.



# POSGAR 07 - Resumen

- Marco de Referencia Global.
- Densificación regional de ITRF2005 (materialización del ITRS) y SIRGAS.
- Época de medición: 2006.632.
- Coordenadas XYZ transformadas a  $\varphi, \lambda, h$  utilizando el elipsoide WGS84.
- Incorpora a las redes RAMSAC, PASMA y provinciales proveyendo un marco geodésico único, base para la **georreferenciación parcelaria**.



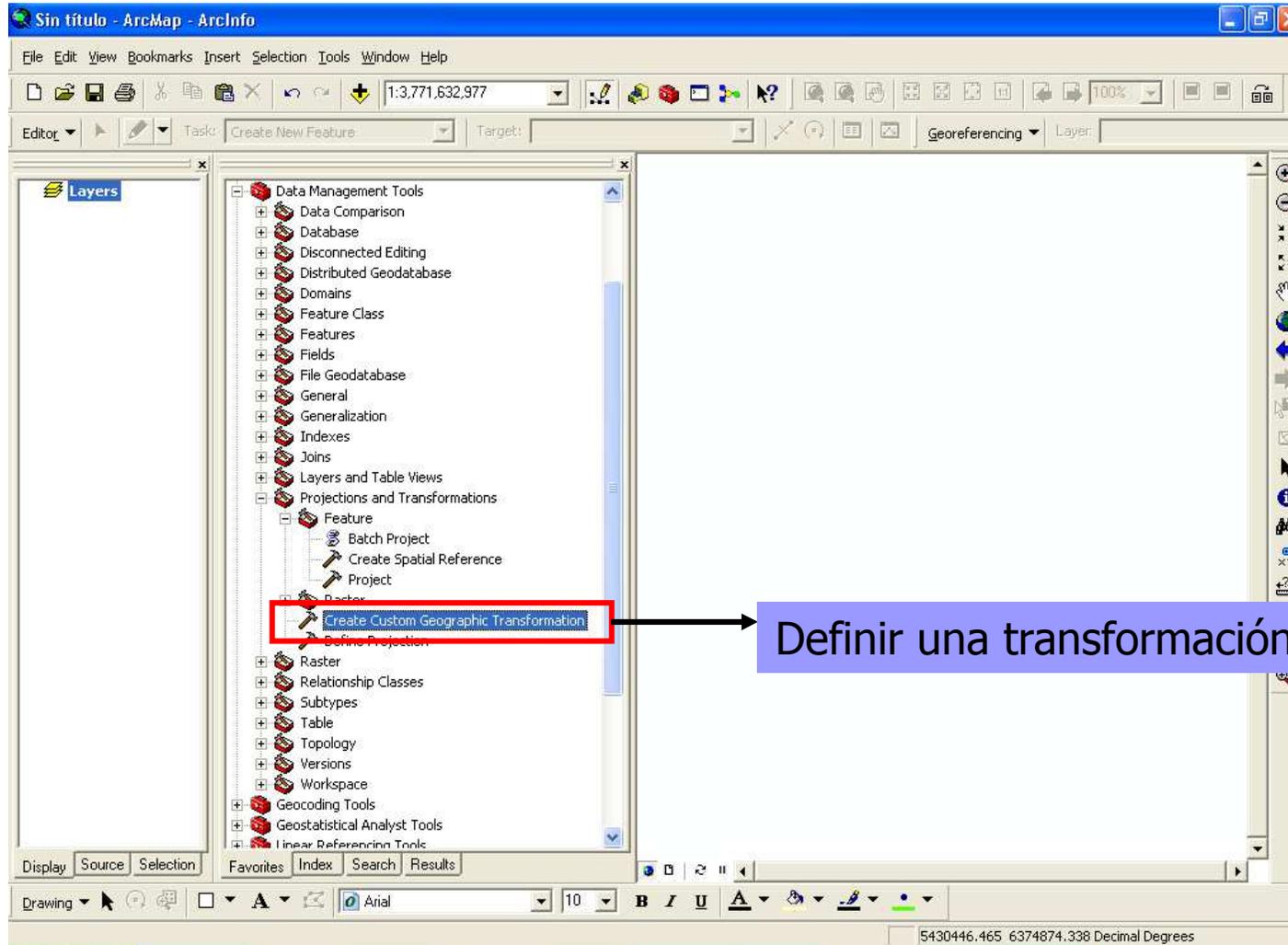
# Pasaje de Coordenadas a POSGAR 07



# POSGAR 07

¿Cómo paso de un archivo en formato shape del Marco **POSGAR 94** (WGS 84), a **POSGAR 07**?

# Transformar a POSGAR 07



# Definir una transformación geográfica

Geographic Transformation Name  
Santa Fe Provincial a POSGAR07

Input Geographic Coordinate System  
GCS\_WGS\_1984

Output Geographic Coordinate System  
GCS\_POSGAR\_2007

Custom Geographic Transformation

Method  
POSITION\_VECTOR

Name	Value
X Axis Translation (meters)	0
Y Axis Translation (meters)	0
Z Axis Translation (meters)	0
X Axis Rotation (seconds)	0
Y Axis Rotation (seconds)	0

7 Parámetros de transformación

Transformation

method. All  
ation files  
extension and  
stored in the users Documents and  
Settings folder: ...\\Documents and  
Settings\\<user>\\Application  
Data\\ESRI\\ArcToolbox\\CustomTransforma

OK Cancel Environments... << Hide Help Tool Help

# Parámetros de transformación

Parámetros Bursa-Wolf					
	Matriz X			Matriz X	
Dx	1.5095			1.5095	m
Dy	-4.2223			-4.2223	m
Dz	-0.6192			-0.6192	m
Factor Escala	-1.47596E-07	-147.596	ppb	-0.14759640	ppm
Rx	2.77631E-08	5.727	mas	0.00572655	arc seg
Ry	1.27096E-08	2.622	mas	0.00262153	arc seg
Rz	8.29989E-09	1.712	mas	0.00171197	arc seg

# Definir una transformación geográfica

**Create Custom Geographic Transformation**

Geographic Transformation Name  
Santa Fe Provincial a POSGAR07

Input Geographic Coordinate System  
GCS\_WGS\_1984

Output Geographic Coordinate System  
GCS\_POSGAR\_2007

Custom Geographic Transformation

Method  
POSITION\_VECTOR

Parameters

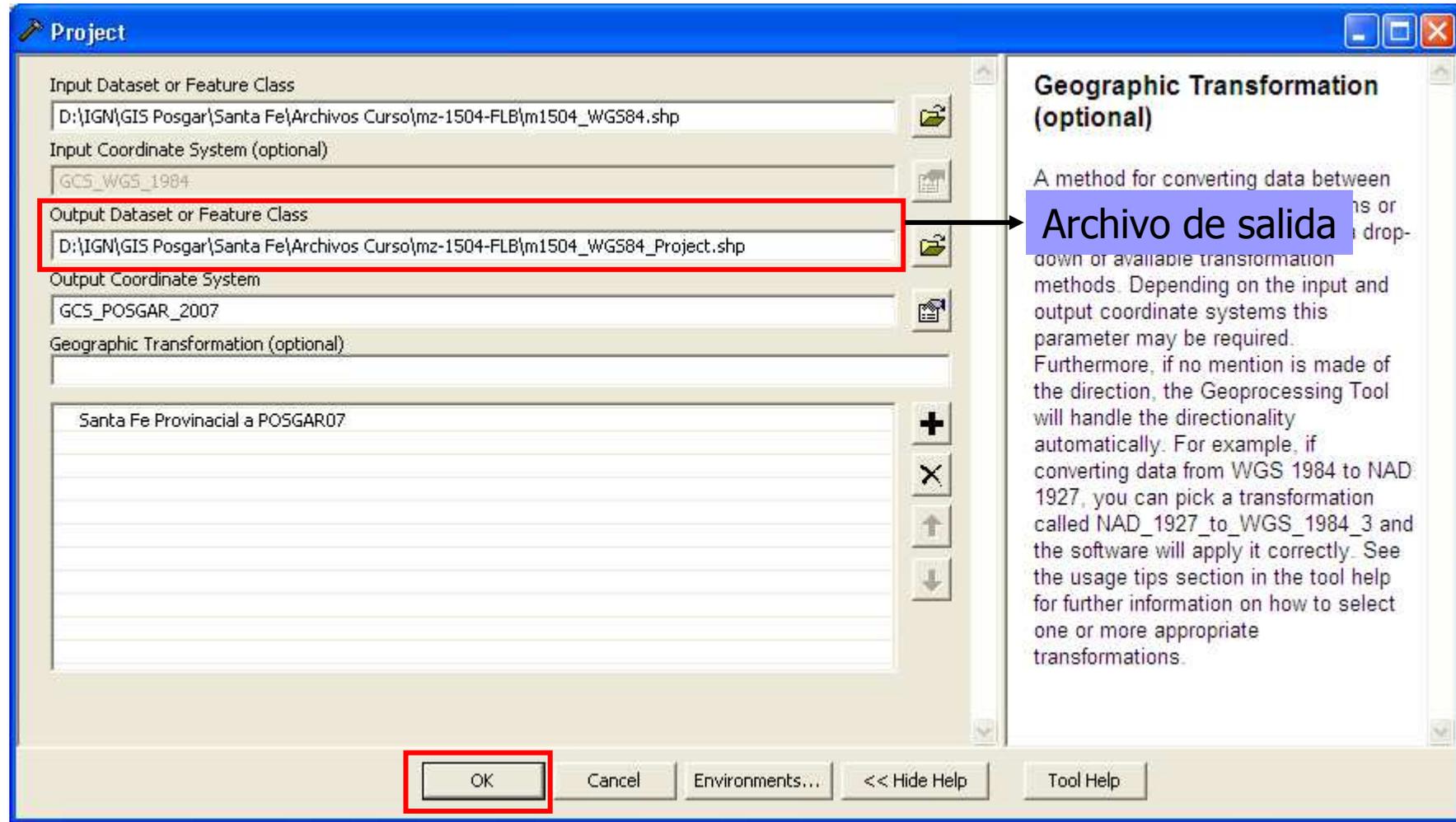
Name	Value
X Axis Translation (meters)	-1.5095
Y Axis Translation (meters)	4.2223
Z Axis Translation (meters)	0.6192
X Axis Rotation (seconds)	0.0057265484
Y Axis Rotation (seconds)	0.0026215329

**Create Custom Geographic Transformation**

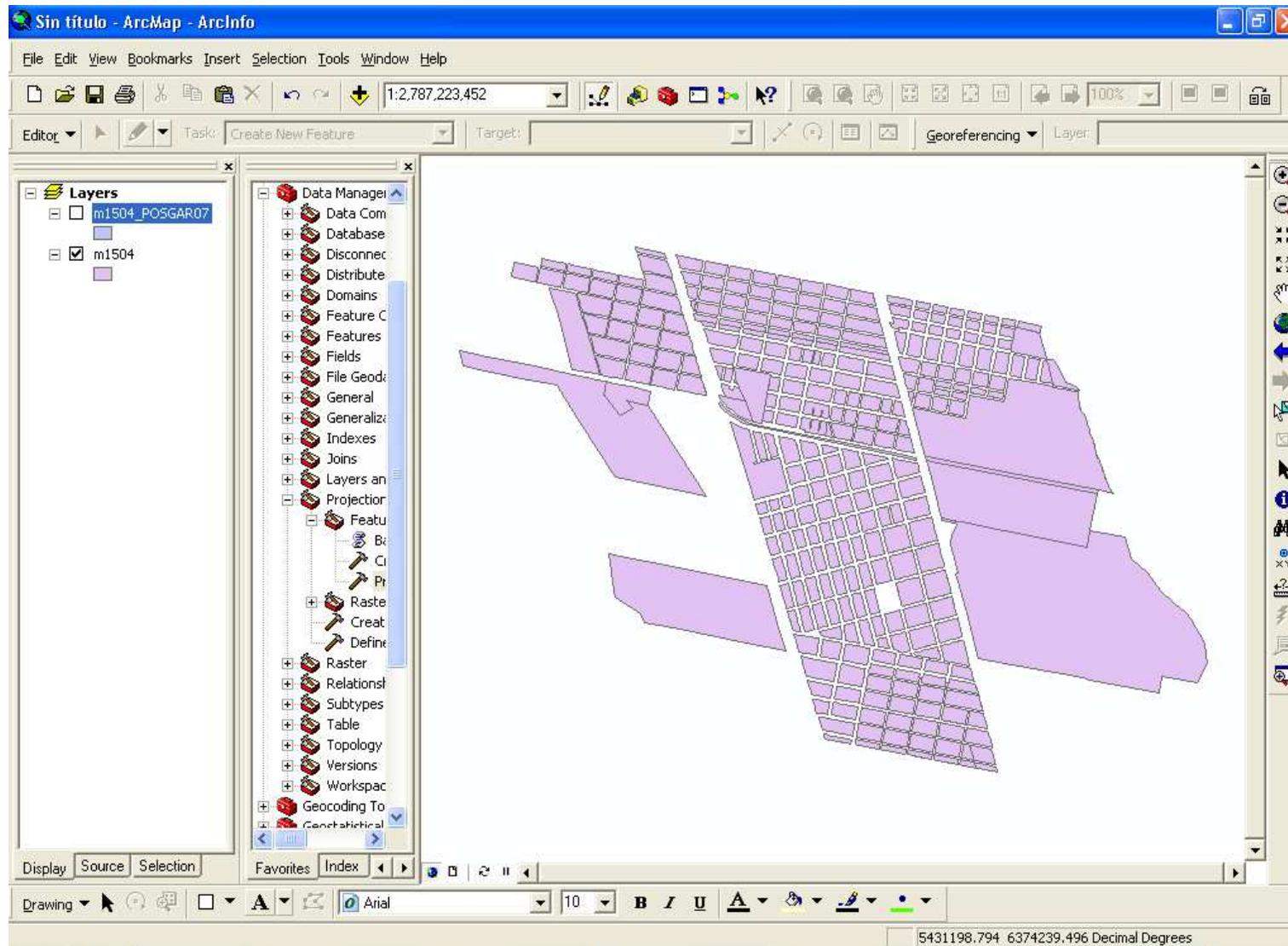
Creates a transformation method for converting data between two geographic coordinate systems or datums. The output of this tool can be used as a transformation method for any tool with a parameter that requires such a method.

OK Cancel Environments... << Hide Help Tool Help

# Aplicar los parámetros a un Shape

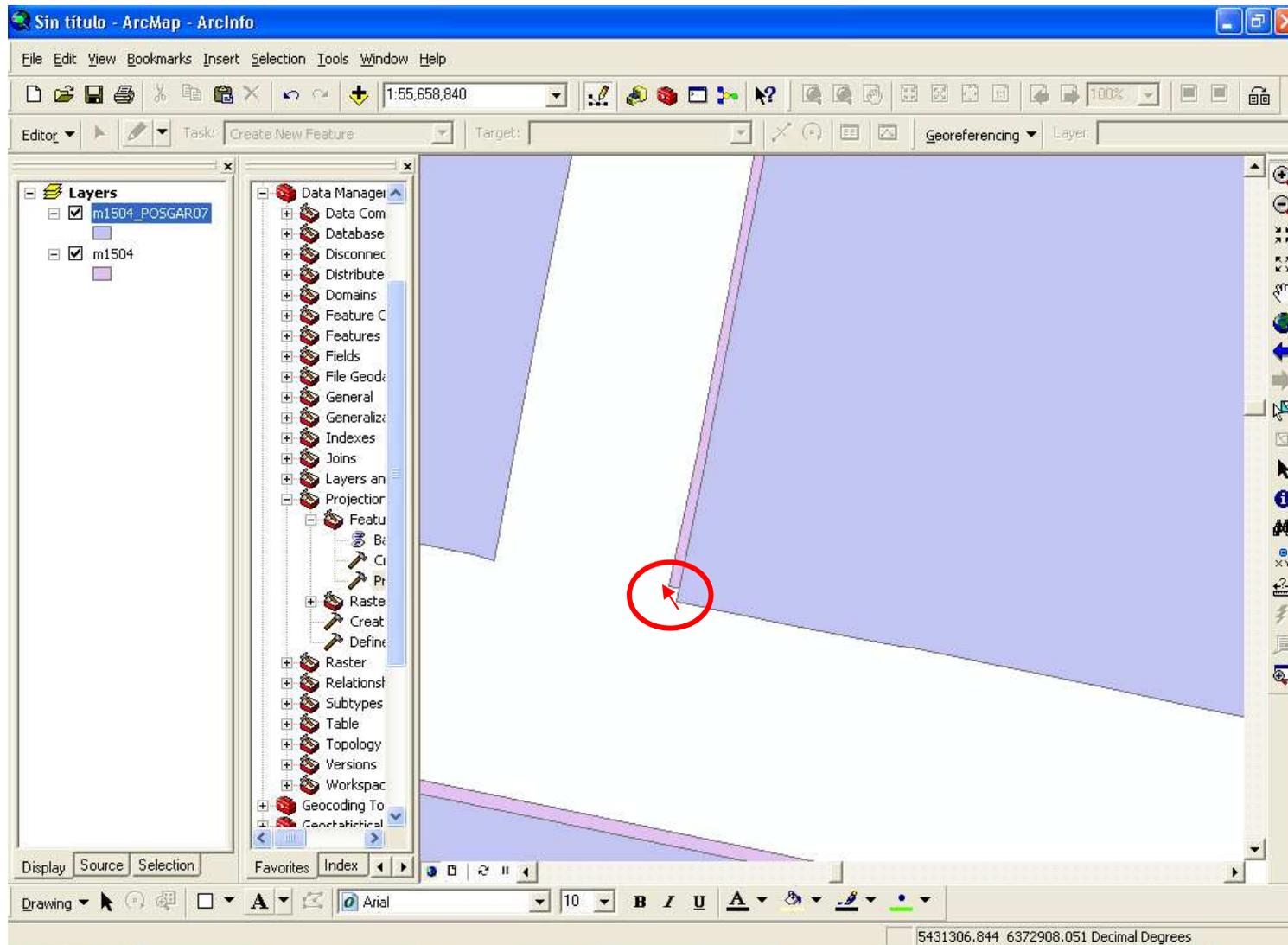


# Resultado de la proyección



Shape en WGS84

# Resultado de la proyección



Desplazamiento entre WGS84 (Santa Fe) y POSGAR07



# POSGAR 07

¿Cómo paso de un archivo en formato xls  
del Marco **POSGAR 94** (WGS 84), a  
**POSGAR 07**?

# GEOCALC 6.2

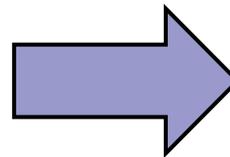
Santa Fe - Comparación P...

Archivo Inic Inst Dis Fôr Dat Rev Vist

A1 CORDENADAS

	A	I	J	K
1	CORDENADAS PROVINCIALES (POSGAR 94)			
2				
3	Nombre	X	Y	Z
4	ACEB	2602159.727	-4662884.250	-3476579.315
5	ALCO	2569939.245	-4660108.339	-3504015.944
6	ALEJ	2783155.167	-4784803.187	-3158133.692
7	ALVA	2607976.468	-4667556.496	-3465988.895
8	AREQ	2547990.828	-4698894.140	-3468310.791
9	ARMS	2547415.727	-4722278.787	-3437084.621
10	ARRE	2648690.897	-4582191.009	-3547498.930
11	ARTE	2528012.572	-4712704.210	-3464219.924
12	BARR	2619519.769	-4722455.897	-3382410.337
13	BERA	2515142.258	-4703758.733	-3485562.178
14	BIGA	2564467.976	-4674283.703	-3489205.690
15	BOGA	2618960.590	-4648483.965	-3483183.259
16	BOLT	2632482.229	-4771921.714	-3302551.284
17	BOMB	2554471.724	-4673780.388	-3497166.327
18	BSSP	2454345.290	-4679391.817	-3560401.988
19	CADA	2568111.882	-4710912.287	-3437226.448
20	CALC	2739558.323	-4806849.742	-3162782.973
21	CARA	2587242.914	-4695075.305	-3444462.913
22	CARC	2623401.019	-4754020.115	-3335209.258
23	CARM	2512649.853	-4677926.831	-3521691.693
24	CARR	2553100.007	-4665324.250	-3509361.891
25	CASI	2578401.864	-4688582.509	-3459823.481
26	CAYA	2717103.811	-4735757.724	-3286091.130
27	CENT	2581880.254	-4738303.367	-3389211.541
28	CERE	2597017.562	-4888635.952	-3157788.034

PASMA ORIG PASMA AJUSTE PROV OR



Santa Fe - Comparación P...

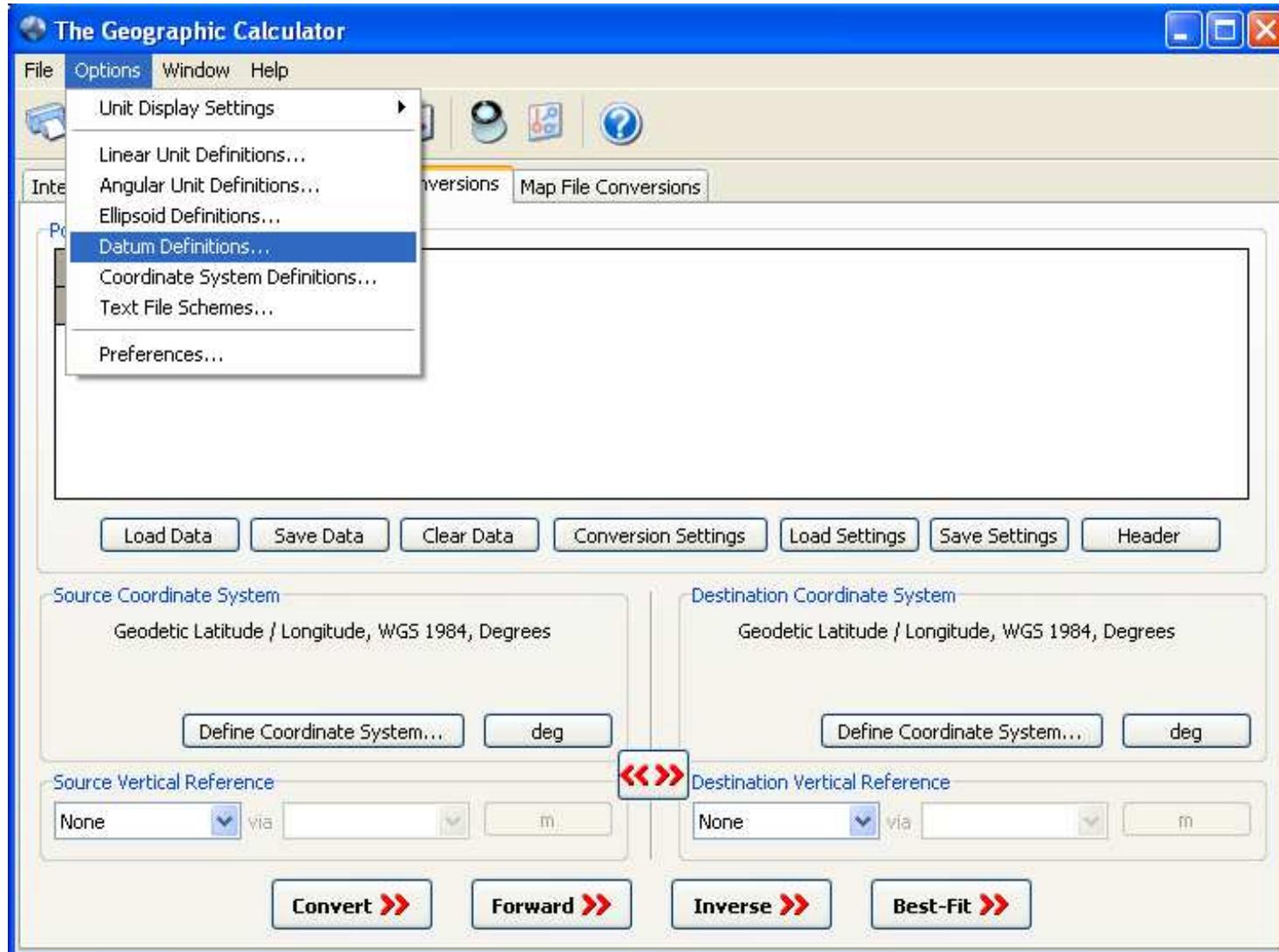
Archivo Inic Inst Dis Fôr Dat Rev Vist

A1 CORDENADAS

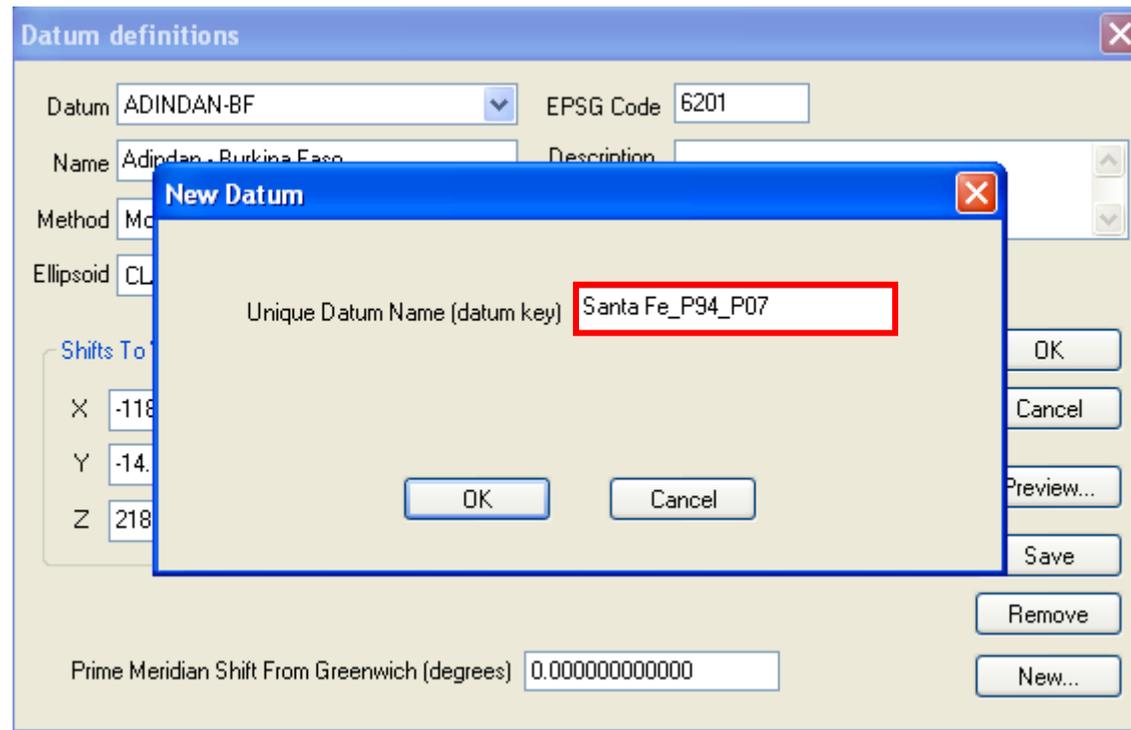
	A	I	J	K
1	CORDENADAS PROVINCIALES (POSGAR 07)			
2				
3	Nombre	X	Y	Z
4	ACEB	2602158.570	-4662880.850	-3476579.040
5	ALCO	2569938.130	-4660104.930	-3504015.670
6	ALEJ	2783154.070	-4784799.750	-3158133.390
7	ALVA	2607975.330	-4667553.070	-3465988.640
8	AREQ	2547989.720	-4698890.710	-3468310.520
9	ARMS	2547414.580	-4722275.360	-3437084.390
10	ARRE	2647737.830	-4582547.730	-3547739.010
11	ARTE	2528011.470	-4712700.810	-3464219.620
12	BARR	2619518.640	-4722452.500	-3382410.030
13	BERA	2515141.140	-4703755.280	-3485561.950
14	BIGA	2564466.870	-4674280.310	-3489205.380
15	BOGA	2618959.440	-4648480.530	-3483183.020
16	BOLT	2632481.090	-4771918.320	-3302550.970
17	BOMB	2554470.570	-4673776.980	-3497166.060
18	BSSP	2454344.170	-4679388.370	-3560401.730
19	CADA	2568110.730	-4710908.910	-3437226.140
20	CALC	2739557.260	-4806846.510	-3162782.730
21	CARA	2587241.820	-4695071.890	-3444462.620
22	CARC	2623399.880	-4754016.700	-3335208.990
23	CARM	2512648.750	-4677923.430	-3521691.390
24	CARR	2553098.910	-4665320.840	-3509361.590
25	CASI	2578400.710	-4688579.120	-3459823.200
26	CAYA	2717102.690	-4735754.280	-3286090.870
27	CENT	2581879.120	-4738299.950	-3389211.270
28	CERE	2597016.540	-4888632.570	-3157787.790

PASMA AJUSTE PROV ORIG REMEDIC

# GEOCALC 6.2



# GEOCALC 6.2



# GEOCALC 6.2

**Datum definitions** ✕

Datum: SANTA\_FE\_P94\_P07

Name: Curso\_Georreferenciación

Method: Bursa/Wolfe (7 parameter)

Ellipsoid: WGS84

Shifts To WGS 84 (meters)

X	<input type="text" value="1.5095"/>
Y	<input type="text" value="-4.2223"/>
Z	<input type="text" value="-0.6192"/>

Rotation To WGS84 (arc seconds)

X	<input type="text" value="0.00572655"/>
Y	<input type="text" value="0.00262153"/>
Z	<input type="text" value="0.00171197"/>

Scale Correction to WGS84 (ppm)

Prime Meridian Shift From Greenwich (degrees)

# Parámetros de transformación

Parámetros Bursa-Wolf					
	Matriz X			Matriz X	
Dx	1.5095			1.5095	m
Dy	-4.2223			-4.2223	m
Dz	-0.6192			-0.6192	m
Factor Escala	-1.47596E-07	-147.596	ppb	-0.14759640	ppm
Rx	2.77631E-08	5.727	mas	0.00572655	arc seg
Ry	1.27096E-08	2.622	mas	0.00262153	arc seg
Rz	8.29989E-09	1.712	mas	0.00171197	arc seg

# GEOCALC 6.2

The screenshot displays the 'The Geographic Calculator' application window. The title bar reads 'The Geographic Calculator'. The menu bar includes 'File', 'Options', 'Window', and 'Help'. The toolbar contains various icons for file operations and calculations. The main window is divided into three tabs: 'Interactive Conversions', 'Point Database Conversions', and 'Map File Conversions'. The 'Point Database Conversions' tab is active, showing a table titled 'Point Database Conversion - C:\Documents and Settings\HG\Escritorio\Libro1.xls'. The table has 8 columns (C1 to C7) and 5 rows (R1 to R5). Below the table are buttons for 'Load Data', 'Save Data', 'Clear Data', 'Conversion Settings', 'Load Settings', 'Save Settings', and 'Header'. The 'Source Coordinate System' is set to 'XYZ Cartesian ECEF, Earth Centered Earth Fixed, WGS 1984, Meter'. The 'Destination Coordinate System' is set to 'XYZ Cartesian ECEF, Earth Centered Earth Fixed, Curso\_Georreferenciación [Bursa/Wolfe method], Meter'. The 'Source Vertical Reference' and 'Destination Vertical Reference' are both set to 'None'. At the bottom, there are four buttons: 'Convert', 'Forward', 'Inverse', and 'Best-Fit', each with a red double arrow icon.

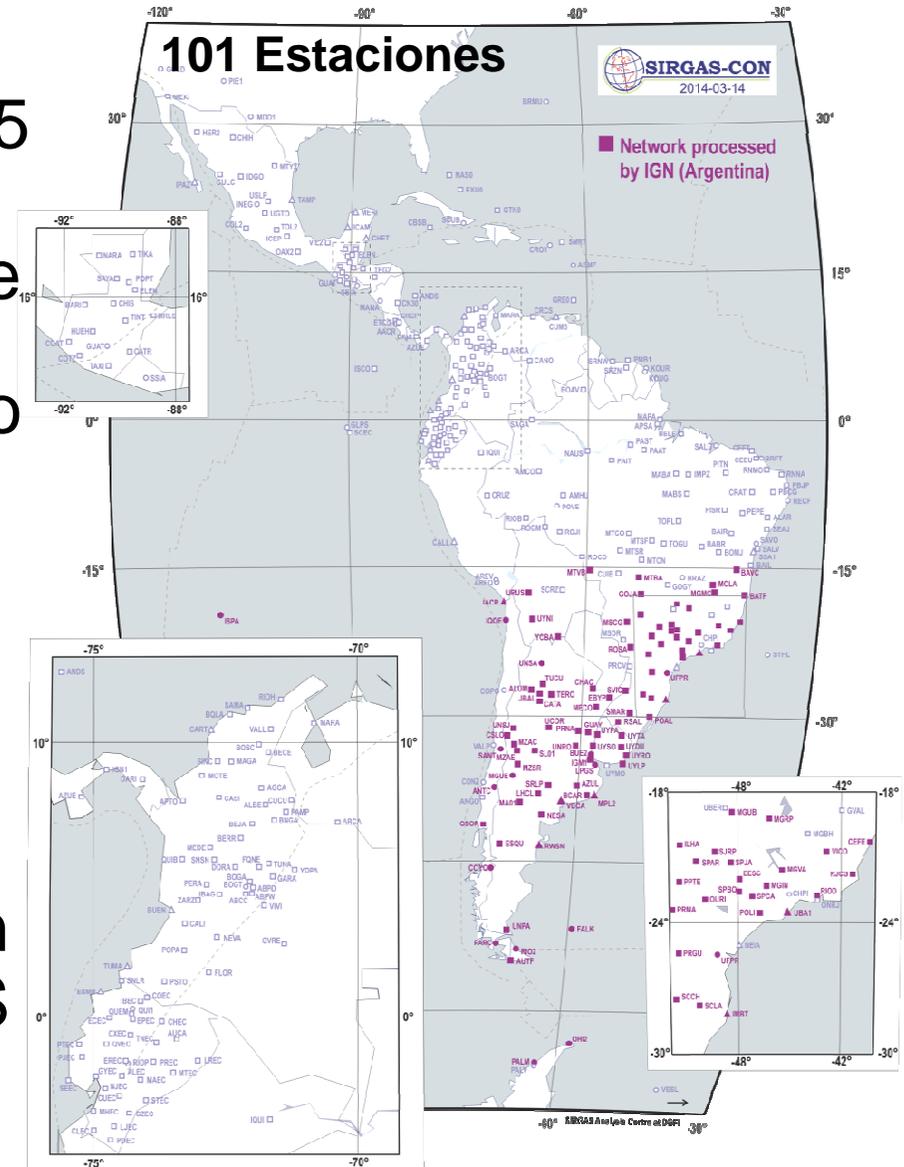
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
R1	ACEB	2602159.7268	-4662884.25	-3476579.315	2602158.607	-4662880.834	-347
R2	ALCO	2569939.2454	-4660108.339	-3504015.9438	2569938.121	-4660104.923	-350
R3	ALEJ	2783155.1665	-4784803.1869	-3158133.6916	2783154.068	-4784799.782	-315
R4	ALVA	2607976.4678	-4667556.4961	-3465988.8953	2607975.349	-4667553.081	-346
R5	AREQ	2547990.8275	-4698894.1401	-3468310.7914	2547989.699	-4698890.729	-346



# Centro de Procesamiento GPS Científico GNA

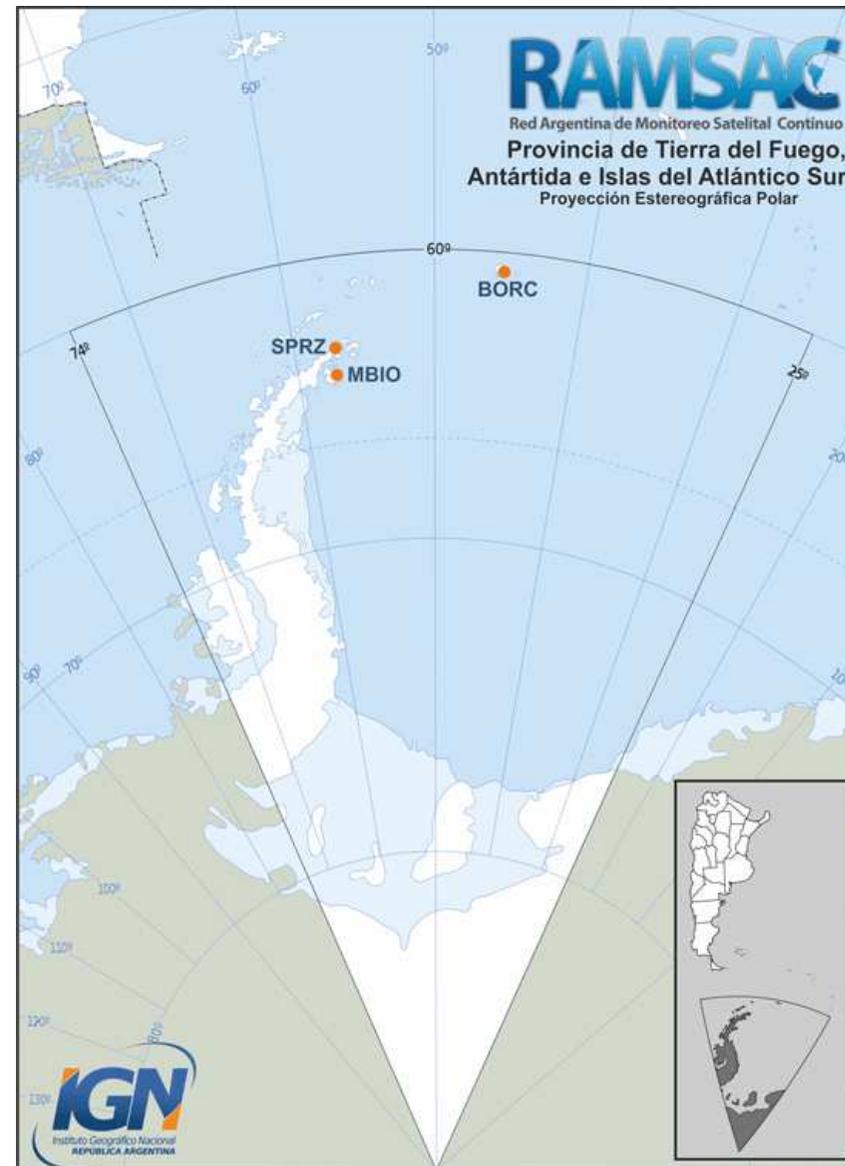
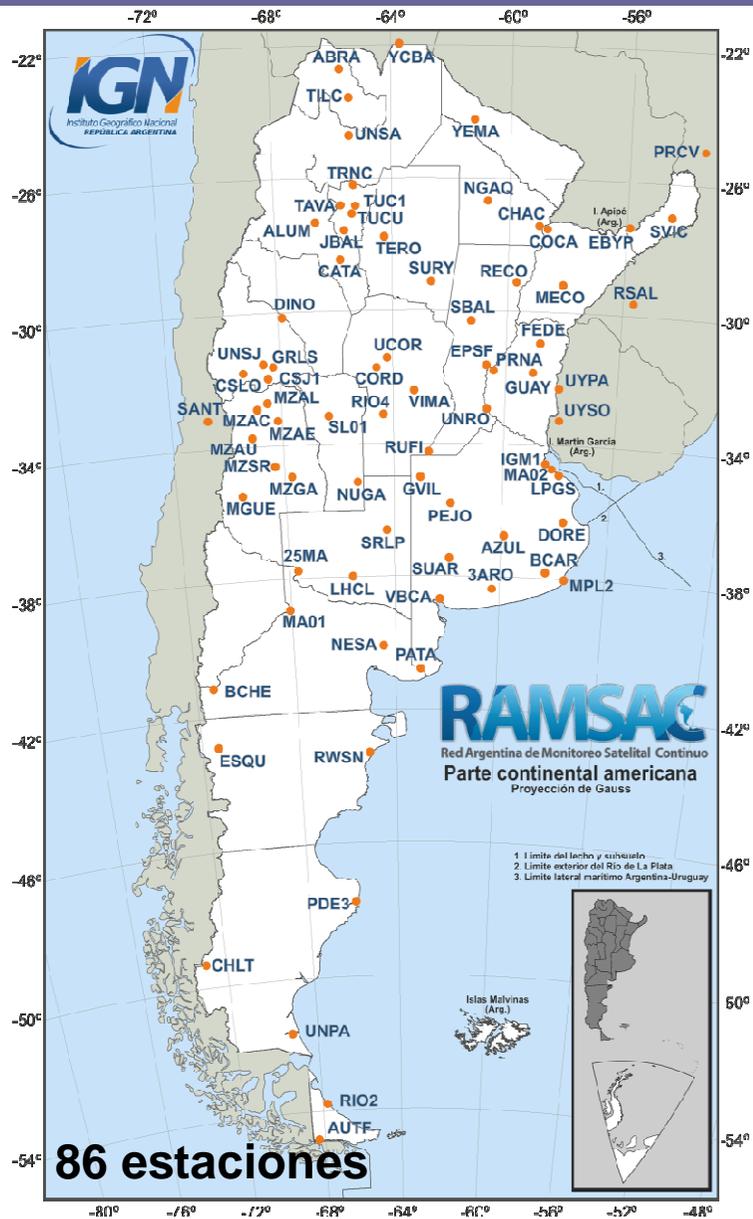
# Centro de Procesamiento GNA

- El centro funciona desde 2005
- El 29 de noviembre de 2010 SIRGAS oficializa al centro de procesamiento que funciona dentro del Instituto Geográfico Nacional (GNA)
- Procesamiento de la red SIRGAS-CON-D-SUR con el **software científico GAMIT-GLOBK**
- Los parámetros de procesamiento y combinación son los definidos por SIRGAS



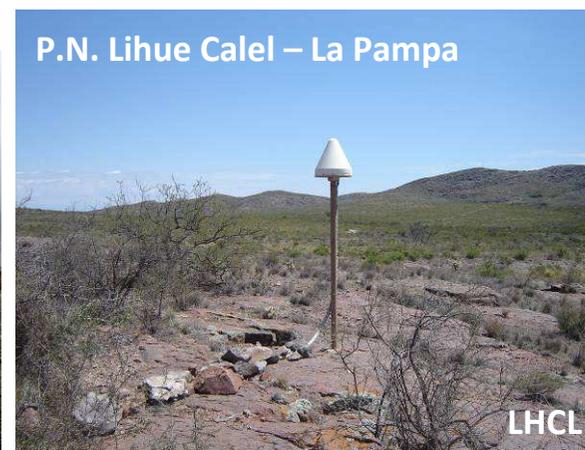


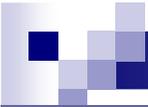
# Centro de Procesamiento Científico



# Centro de Procesamiento GNA - ¿Qué se obtiene?

## Coordenadas de las estaciones SIRGAS

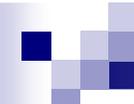




## Centro de Procesamiento GNA - ¿Para qué se obtiene?

### ■ Aplicaciones centrales

- Cálculo, actualización y mantenimiento de los marcos de referencia globales
- Monitoreo de las deformaciones de la corteza terrestre
- Variación del nivel medio del mar (NMM)
- Estudios atmosféricos
  - Tropósfera (en combinación con estaciones meteorológicas)
  - Ionósfera (Mejoramiento del posicionamiento GNSS con receptores de una frecuencia)

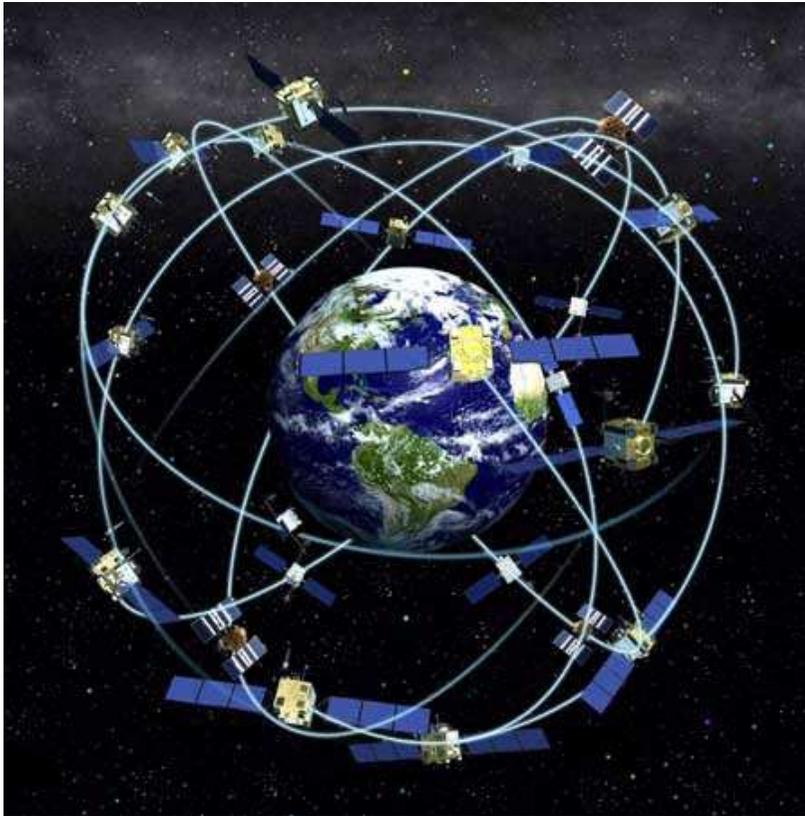


## Centro de Procesamiento GNA - ¿Cómo se obtiene?

- **Software GAMIT-GLOBK (MIT)**
  - Archivos de medición de las estaciones
  - Tablas para el procesamiento
    - Coordenadas precisas de los satélites
    - Calibración de antenas
    - Parámetros de orientación del polo (EOP)
    - Modelo Troposférico
    - Marea terrestre
    - Nutación
    - Efemérides solares y lunares
    - Carga atmosférica

# GAMIT-GLOBK

- Coordenadas precisas de los satélites GPS



## ■ Coordenadas precisas de los satélites GPS

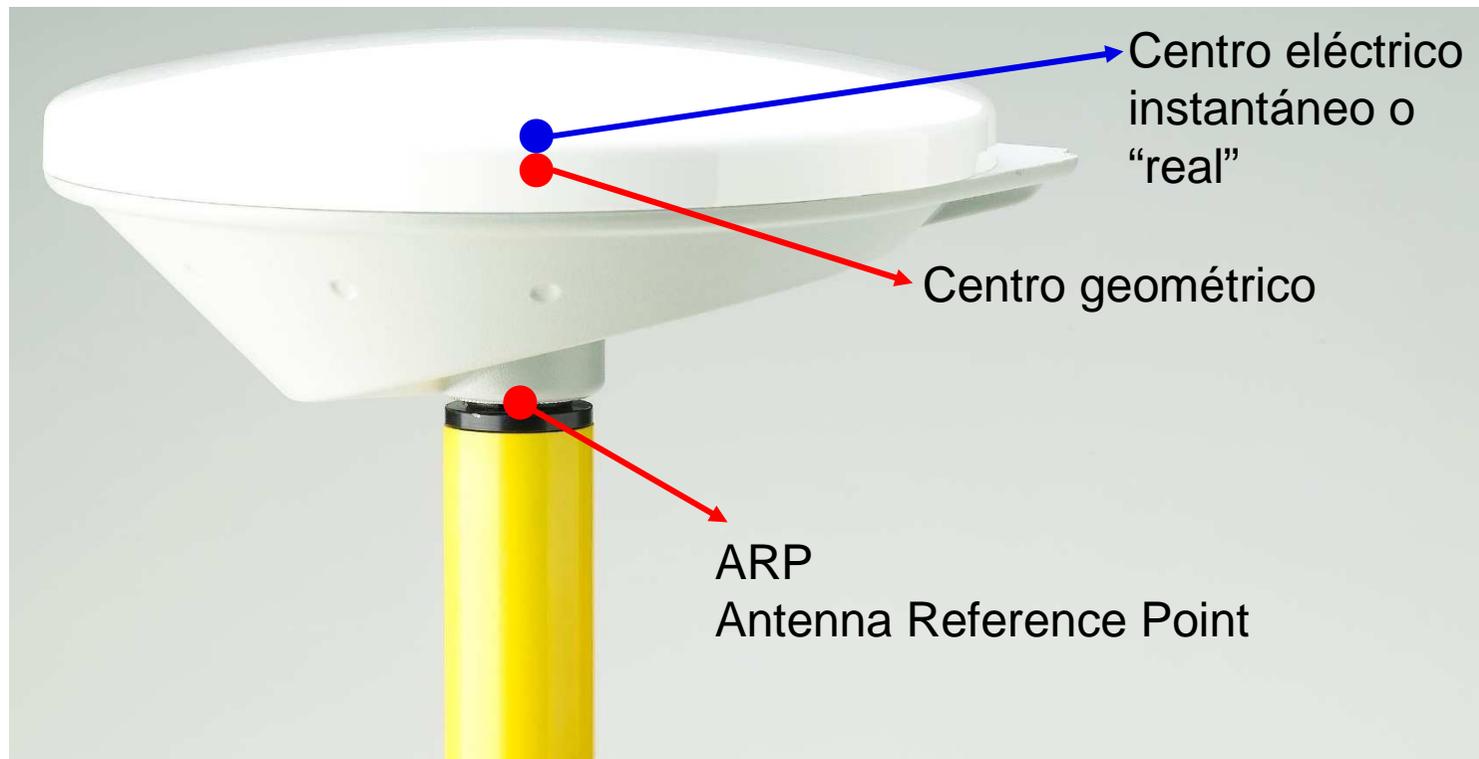
**12 Centros de Análisis IGS  
monitorean la constelación  
GPS, y combinan sus  
soluciones**

NOMBRE DEL CENTRO	CODIGO IGS
Center for Orbit Determination in Europe, AIUB, Switzerland	CODE
European Space Operations Center, ESA, Germany	ESOC
Geodetic Observatory Pecny, Czech Republic	GOP-RIGTC
GeoForschungsZentrum, Germany	GFZ
GRGS-CNES/CLS, Toulouse, France	GRGS
Jet Propulsion Laboratory, USA	JPL
Massachusetts Institute of Technology, USA	MIT
National Oceanic and Atmospheric Administration / NGS, USA	NOAA
Natural Resources Canada, Canada	NRCan
Scripps Institution of Oceanography, USA	SIO
U.S. Naval Observatory, USA	USNO
Wuhan University, China	WHU

TIPOS DE ÓRBITAS	PRECISIÓN (cm)	DISPONIBILIDAD	DISPONIBLE EN
Transmitidas	100	Tiempo Real	Mensaje de navegación
Ultrarápidas (Predicha)	5	Tiempo Real	IGS
Ultrarápidas (Observada)	3	de 3 a 9 hs	IGS
Rápidas	~2.5	de 17 a 41 Horas	IGS
Final	<2.0	<b>12 a 18 Días</b>	<b>IGS</b>

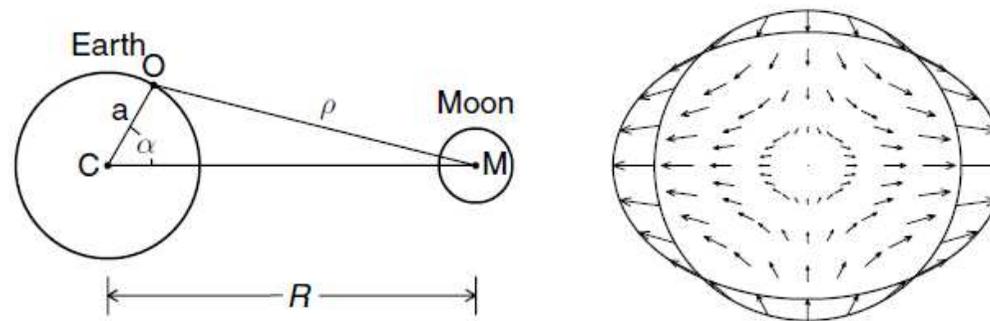
## ■ Calibración de antenas

Para cualquier antena GPS, el centro de fase eléctrico no es estable, sino que varía con el cambio de dirección de la señal desde el satélite



## ■ Marea terrestre

- Amplitud de 20 cm
- Efecto debido a la atracción ejercida por la luna



**Figure 2** Tidal forcing. On the left is the geometry of the problem for computing the tidal force at a point  $O$  on the Earth, given an external body  $M$ . The right plot shows the field of forces (accelerations) for the actual Earth–Moon separation; the scale of the largest arrow is  $1.14 \mu\text{m s}^{-2}$  for the Moon, and  $0.51 \mu\text{m s}^{-2}$  for the Sun. The elliptical line shows the equipotential surface under tidal forcing, greatly exaggerated.

- Efemérides del Sol y la Luna

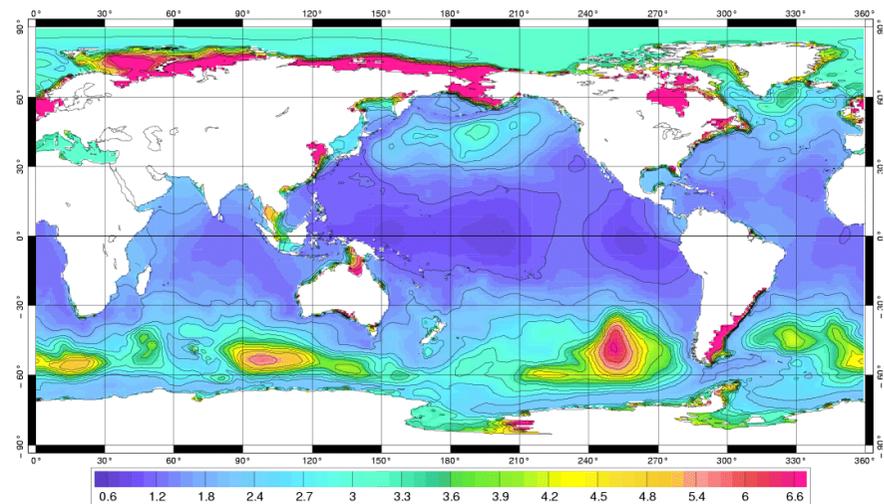
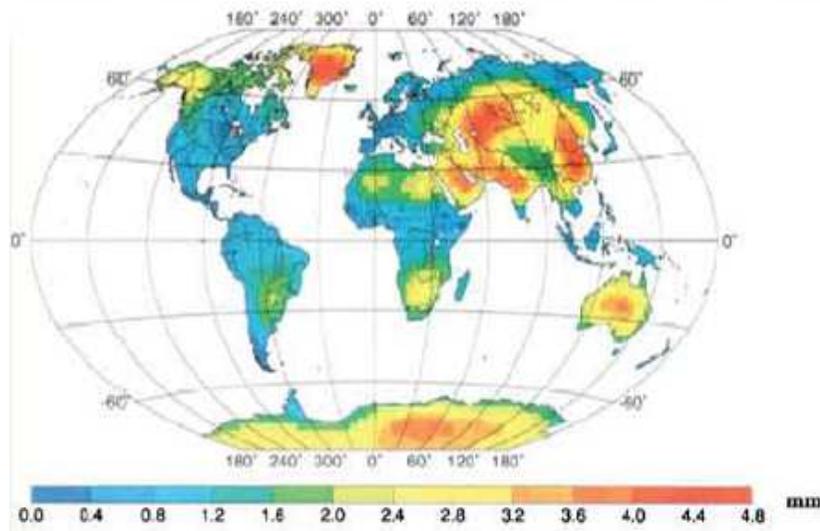


# GAMIT-GLOBK

## ■ Carga atmosférica

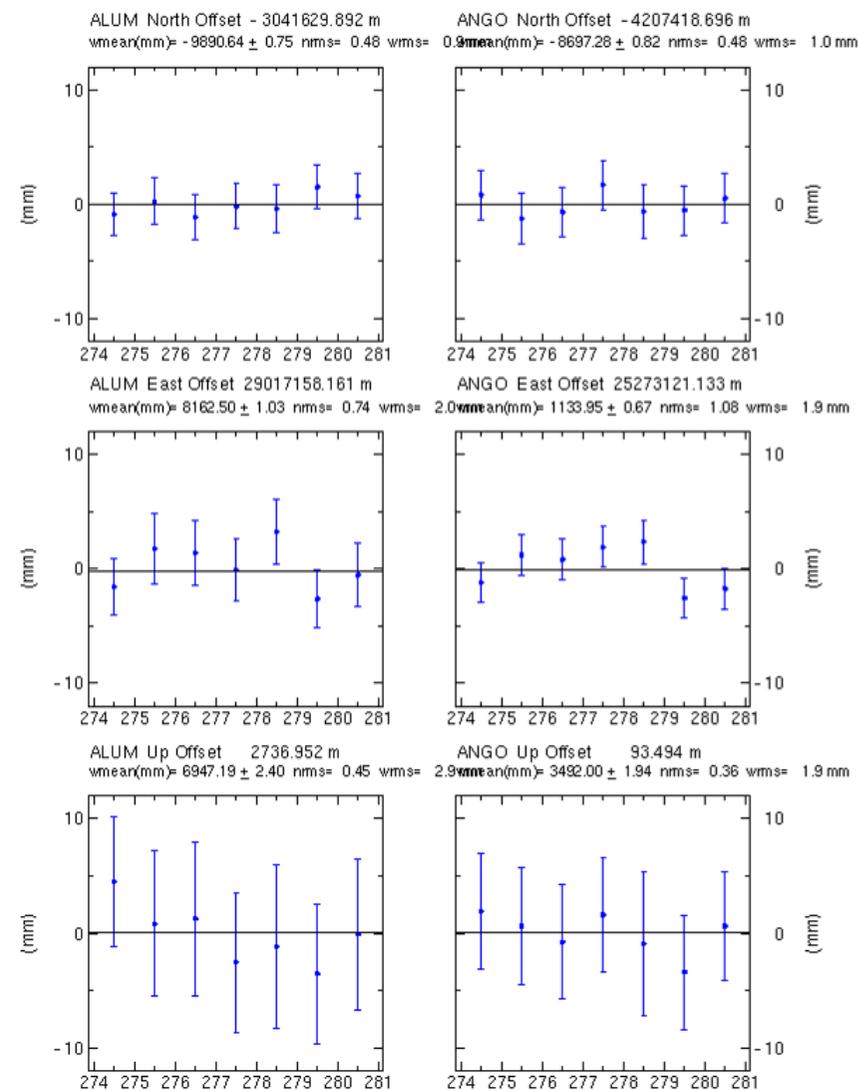
### □ Presión atmosférica

- Depende de la altura, la temperatura y la humedad



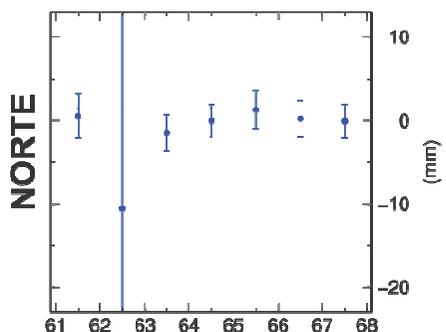
Variación Máxima de 25 mm

- Procesamiento por día
- Se obtienen coordenadas diarias de cada estación
- Se combinan en una solución semanal que otorga precisiones milimétricas

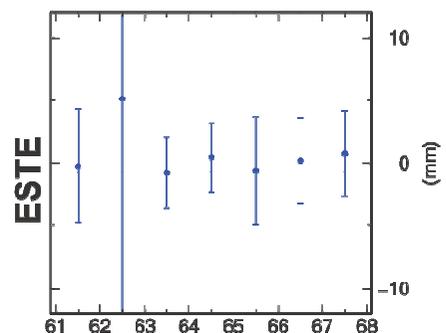


# GAMIT-GLOBK

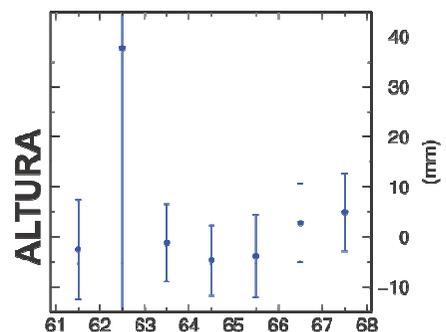
SURY North Offset -3244000.502 m  
wmean(mm)=-503.91 ± 0.89 nrms= 0.40 wrms= 0.9 mm



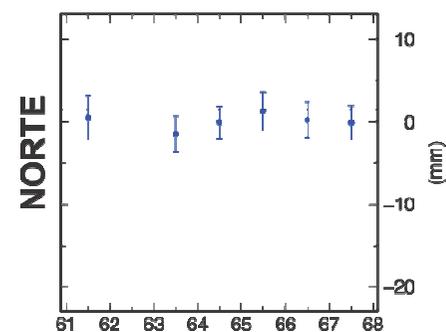
SURY East Offset 28910598.449 m  
wmean(mm)= 8450.34 ± 1.37 nrms= 0.17 wrms= 0.6 mm



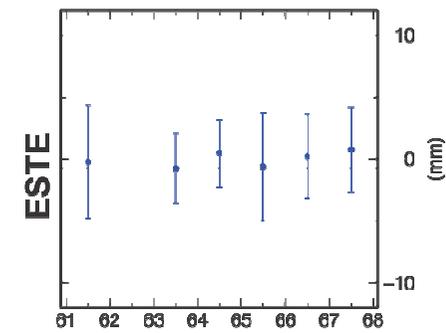
SURY Up Offset 119.740 m  
wmean(mm)= 9747.20 ± 3.25 nrms= 0.63 wrms= 5.4 mm



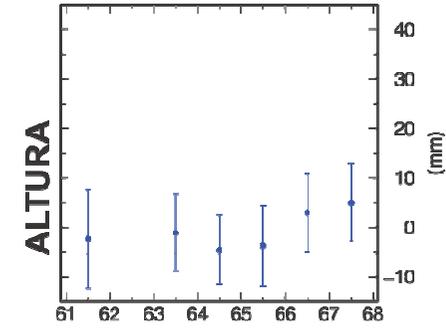
SURY North Offset -3244000.502 m  
wmean(mm)=-503.91 ± 0.89 nrms= 0.40 wrms= 0.9 mm



SURY East Offset 28910598.449 m  
wmean(mm)= 8450.34 ± 1.37 nrms= 0.17 wrms= 0.6 mm



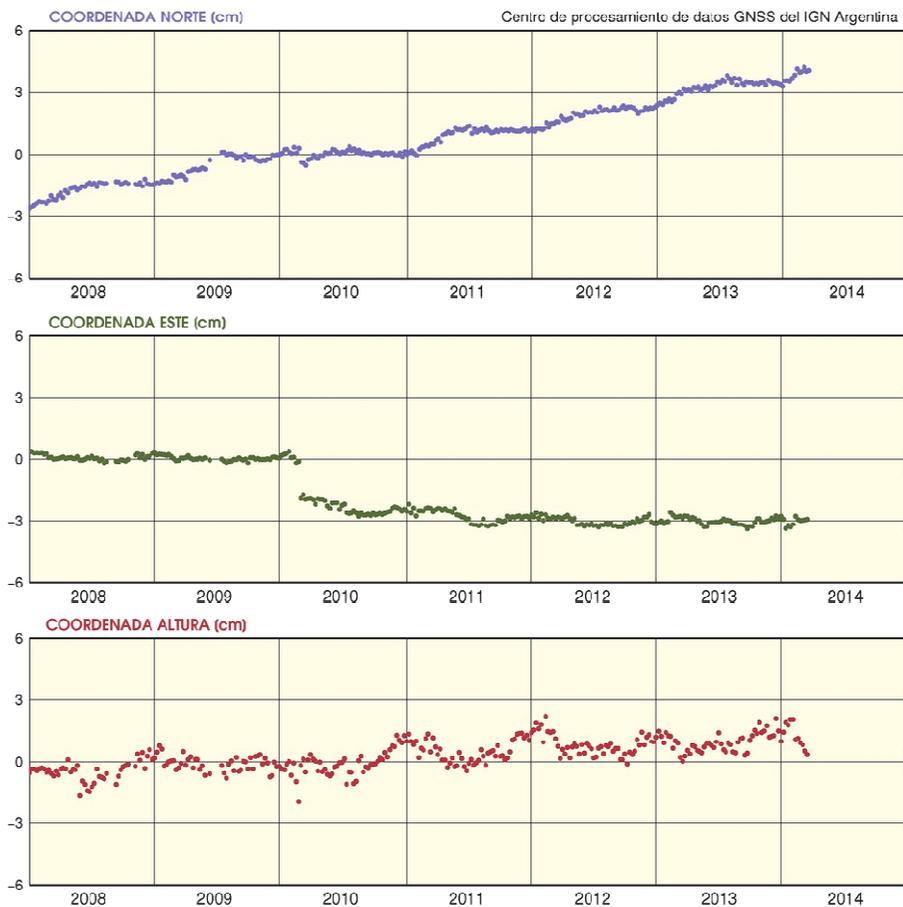
SURY Up Offset 119.740 m  
wmean(mm)= 9747.20 ± 3.25 nrms= 0.63 wrms= 5.4 mm



# Centro de Procesamiento GNA – Series de tiempo

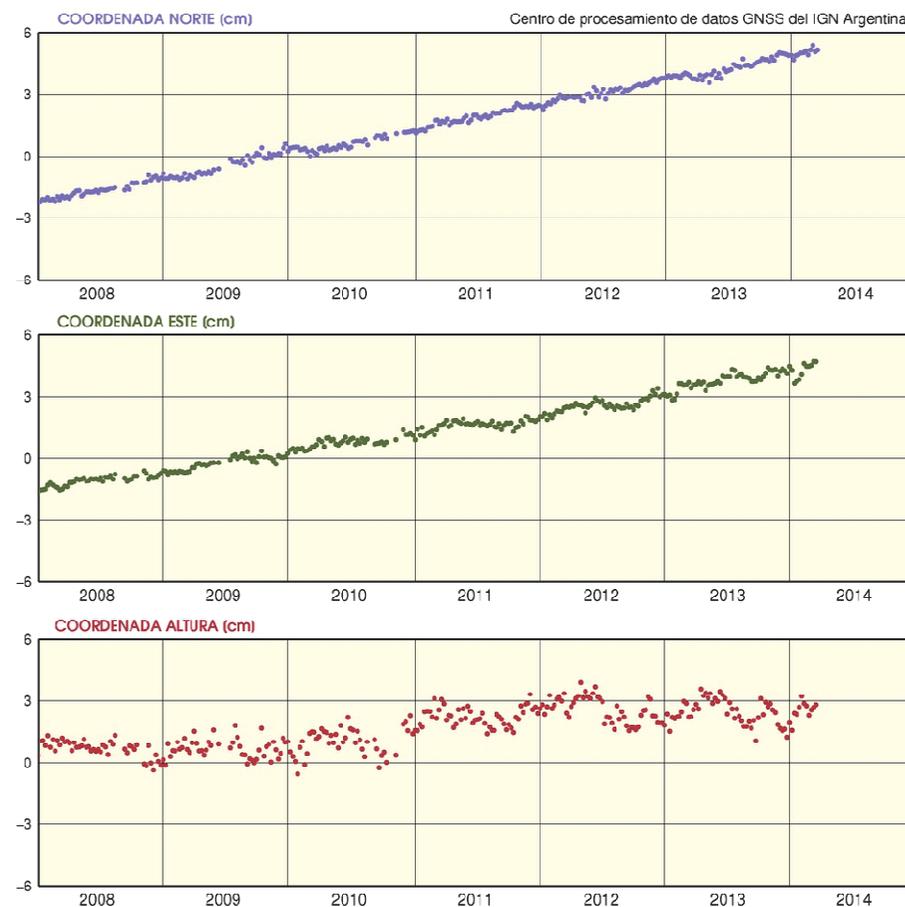
## Estación IGM1

Ciudad de Buenos Aires, Buenos Aires



## Estación AUTF

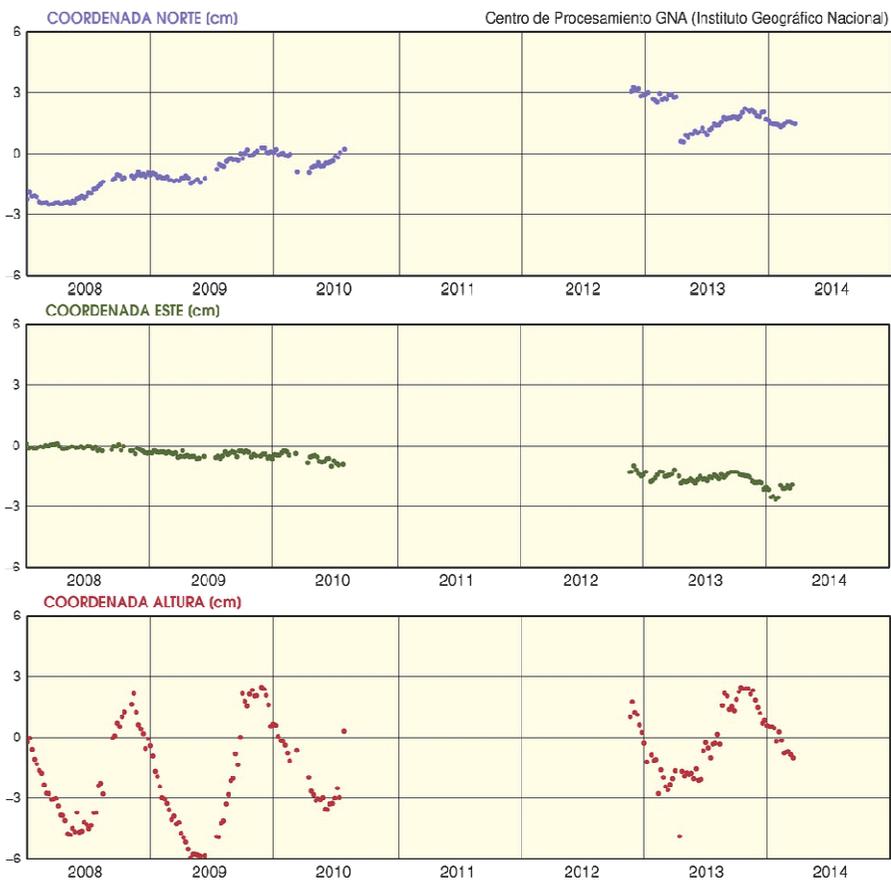
Ushuaia, Tierra del Fuego



# Centro de Procesamiento GNA – Series de tiempo

## Estación NAUS

Manaos, Brasil

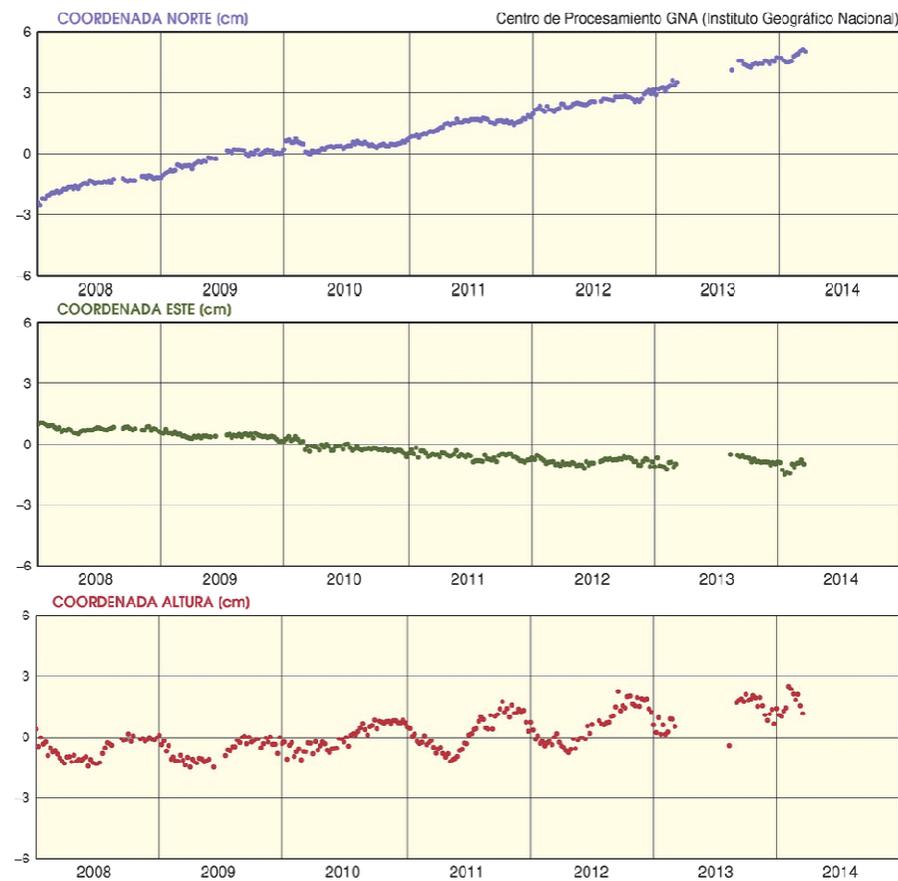


# Centro de Procesamiento GNA – Series de tiempo



## Estación CHPI

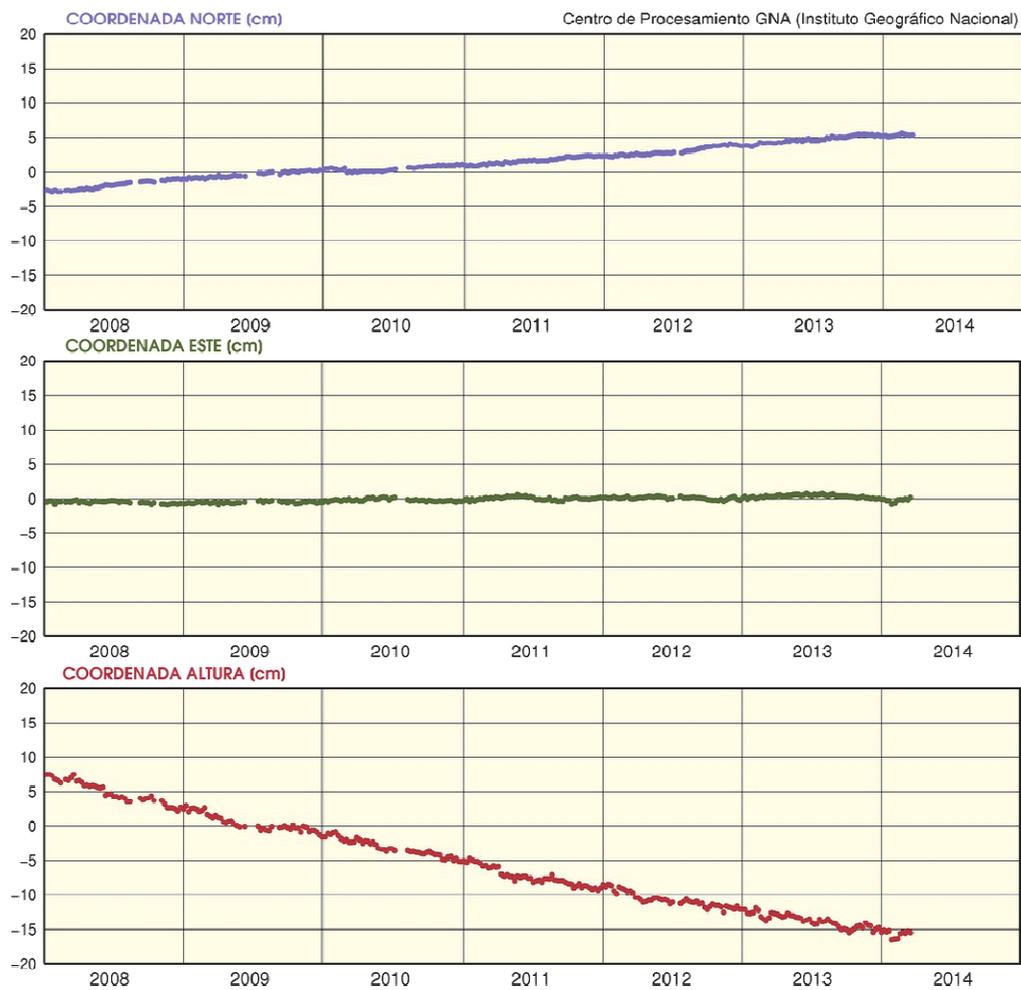
Cachoeira, Brasil



# Centro de Procesamiento GNA – Series de tiempo

## Estación BOGT

Bogotá, Colombia

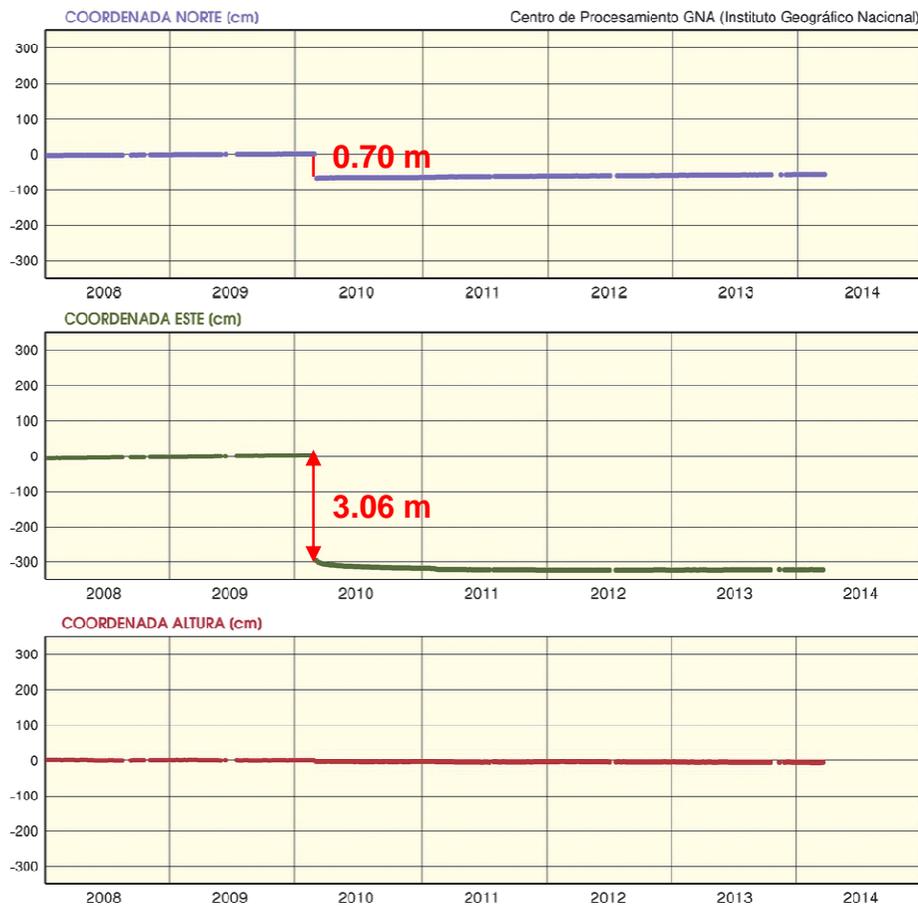


# Caso CONZ

## Estación CONZ

Concepción, Chile

Centro de Procesamiento GNA (Instituto Geográfico Nacional)





# Introducción al Sistema GNSS

# GNSS – Sistema Global de Navegación por Satélite

- Obtener las coordenadas de puntos medidos sobre la superficie terrestre, referidas a un Marco de Referencia Global.
- Medición de distancias a satélites, cuyas coordenadas son conocidas, permite calcular la coordenada incógnita.
- Distintas constelaciones de satélites: **GPS**, GLONASS, GALILEO.





# Introducción al GPS

- Segmento espacial:
  - Constelación de 24 satélites + 8 de backup
- Segmento de control:
  - 18 estaciones
- Segmento de usuario:
  - Explotación de datos GPS

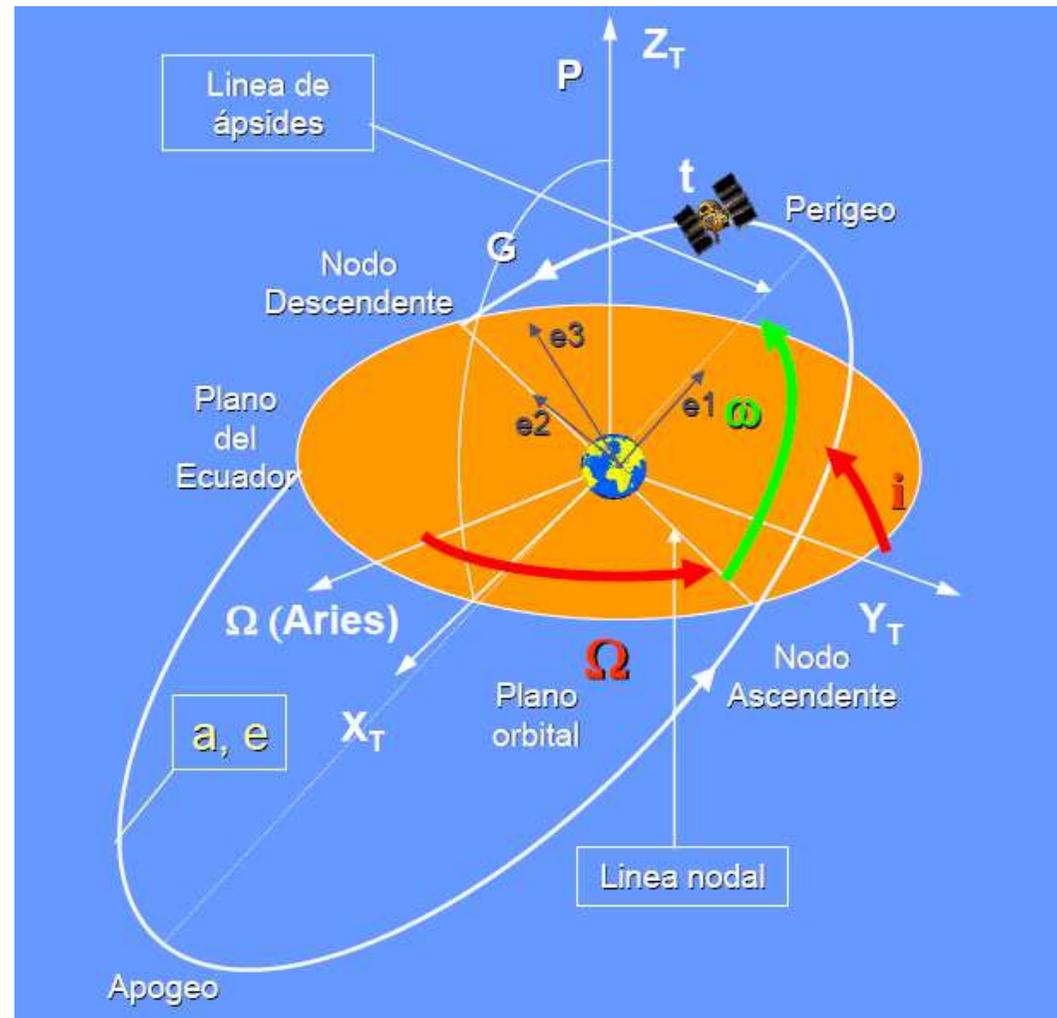
# Segmento Espacial

- 32 satélites
- Altura de órbita de 20.200Km
- 6 planos orbitales
- Inclinação de  $55^{\circ}$
- Período orbital de 12 horas sidéreas



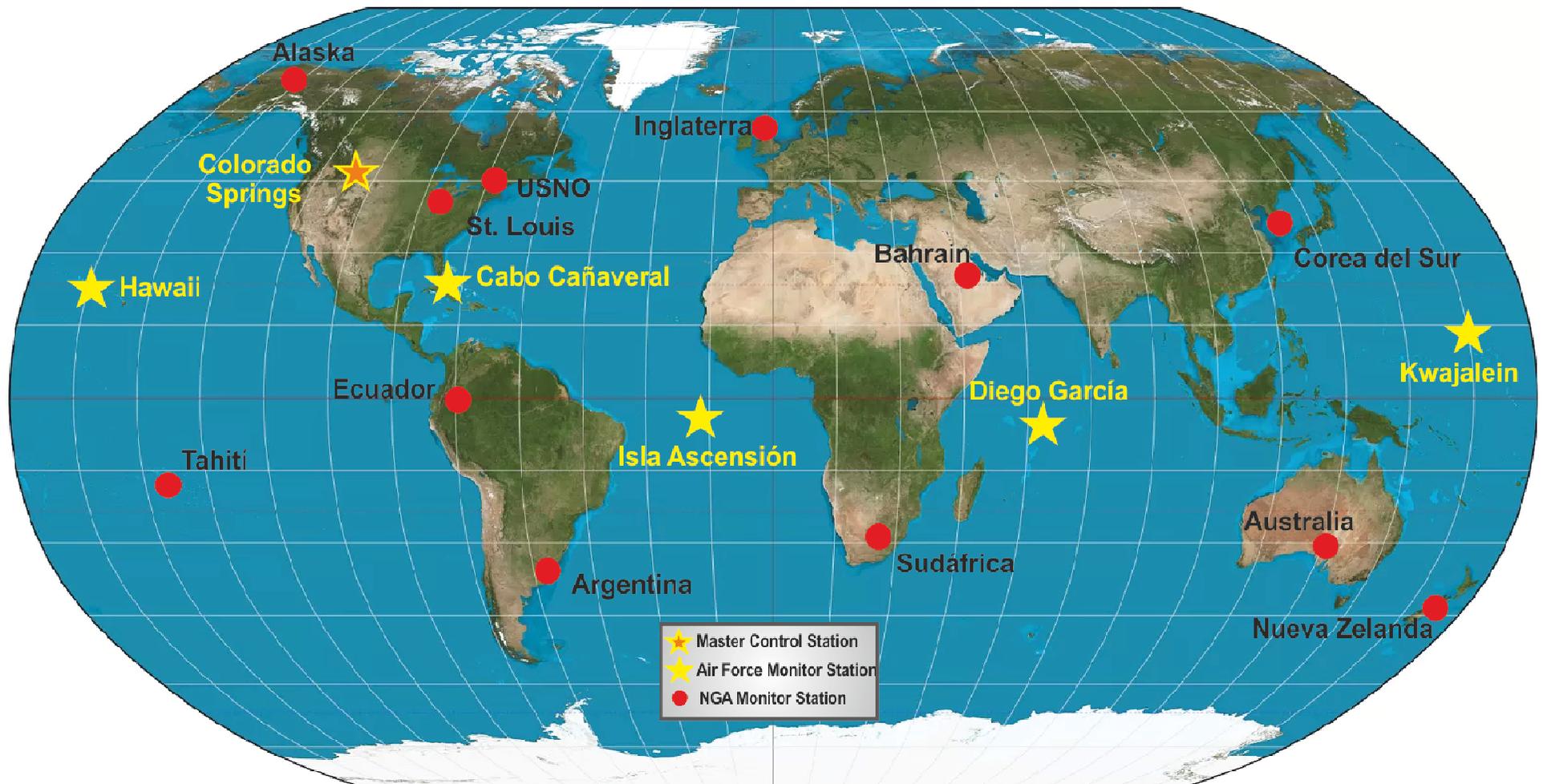
# Segmento Espacial

- La órbita y ubicación de los satélites se calcula mediante parámetros orbitales

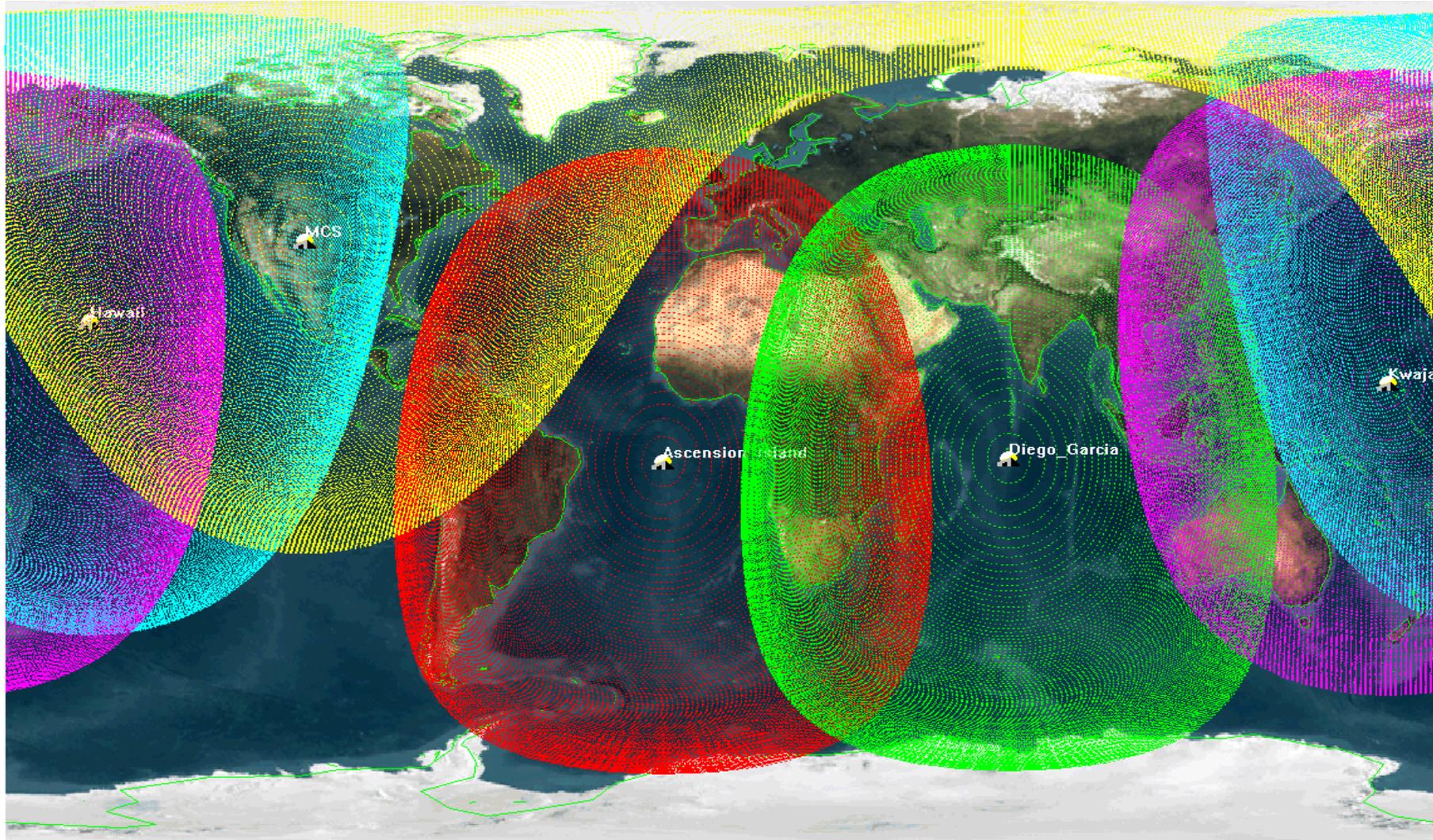


# Segmento de Control

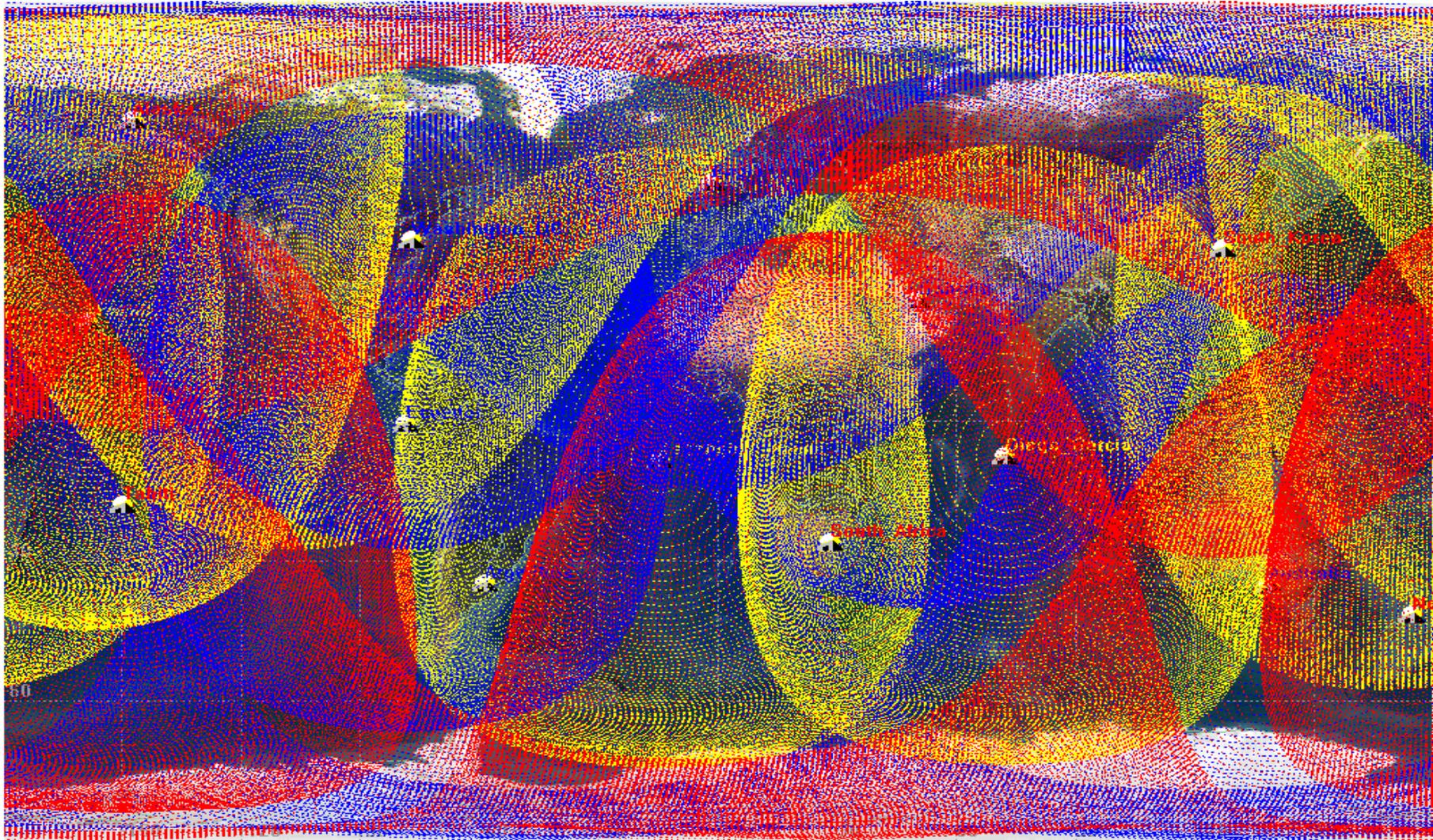
## ■ 18 estaciones



# Segmento de Control – Cubrimiento inicial

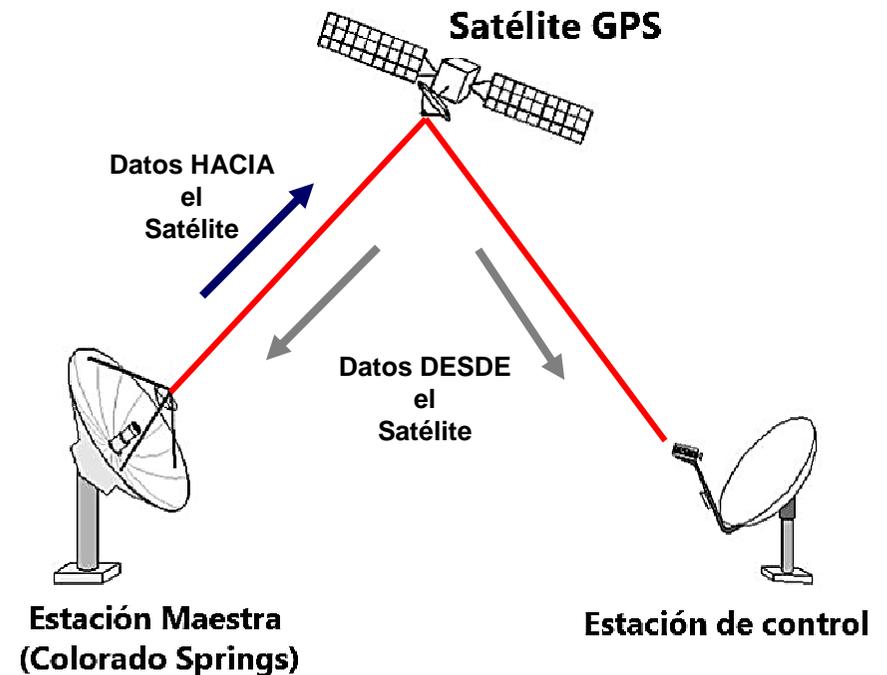


# Segmento de Control – Cubrimiento actual



# Segmento de Control

- Comunicación bidireccional con los satélites (Master Station).
- Cálculo de parámetros orbitales y correcciones y envío desde las estaciones de control a los satélites para su posterior transmisión a los usuarios del sistema.





# Segmento de Control

## ■ Productos

- Efémérides transmitidas (cada 2 hs.)
- Datos inosféricos-troposféricos
- Estado de los relojes de los satélites (sincronización de tiempo)

## Segmento de Usuario

- Cualquier equipo de medición que esté recibiendo datos de la señal GPS para posicionarse.



# Receptores GPS

- Diversos tamaños: Desde el tamaño de un reloj al tamaño de un rack
- Diferentes precios: Desde los 100 u\$d aprox., hasta varios miles de dólares, según precisión, interfaz, capacidades, etc.



# Receptores GPS

## ■ ELEMENTOS IMPRESCINDIBLES

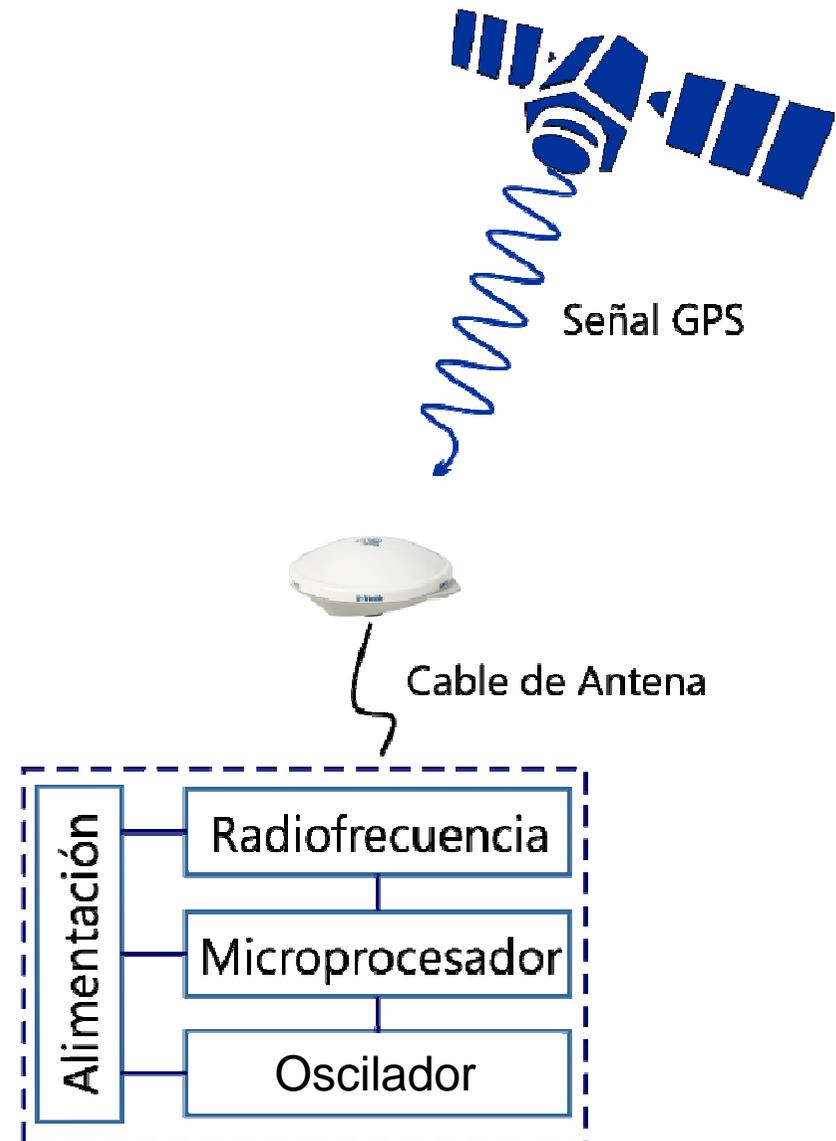
- Antena
- Sección de Radiofrecuencia
- Microprocesador + Firmware
- Oscilador
- Fuente de Alimentación

## ■ ELEMENTOS ACCESORIOS

- Interfaz de usuario
- Memoria
- Dispositivos de puesta en estación
- Puertos de comunicación

## ■ ELEMENTOS ACCESORIOS

- Dispositivo de retransmisión
- Conexión frecuencia externa
- Salida de tiempo 1 PPS



# Antenas GPS

## ■ VERDADERO “SENSOR”

- Tiene por objeto convertir la radiación electromagnética procedente de los satélites en señal eléctrica
- Poseen un dispositivo que amplifica la señal recogida, para que luego ésta sea interpretada en la etapa de Radiofrecuencia

## ■ ¿CUÁL ES LA ADECUADA?

- Precisión y uso
- Capacidades
- Tamaño
- Precio





# Posicionamiento con el Sistema GNSS



# Señal GPS

## ■ Portadoras

- L1

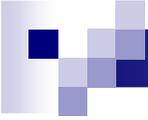
- L2

## ■ Códigos

- C/A

- P

- Mensaje de Navegación



## Señal GPS - Portadoras

- Frecuencia fundamental  $f_0 = 10.23\text{Mhz}$
- Portadora L1
  - Frecuencia  $f = 1575.42\text{Mhz}$  ( $154 f_0$ )
  - $\lambda = 19.0\text{cm}$
  - Transporta los códigos C/A, P1 y el mensaje de navegación
- Portadora L2
  - Frecuencia  $f = 1227.60\text{Mhz}$  ( $120 f_0$ )
  - $\lambda = 24.4\text{cm}$
  - Transporta el código P2



# Señal GPS - Códigos

## ■ C/A – Course Acquisition

- Frecuencia  $f = 1.023\text{MHz}$  ( $f_0/10$ )
- $\lambda = 300\text{m}$

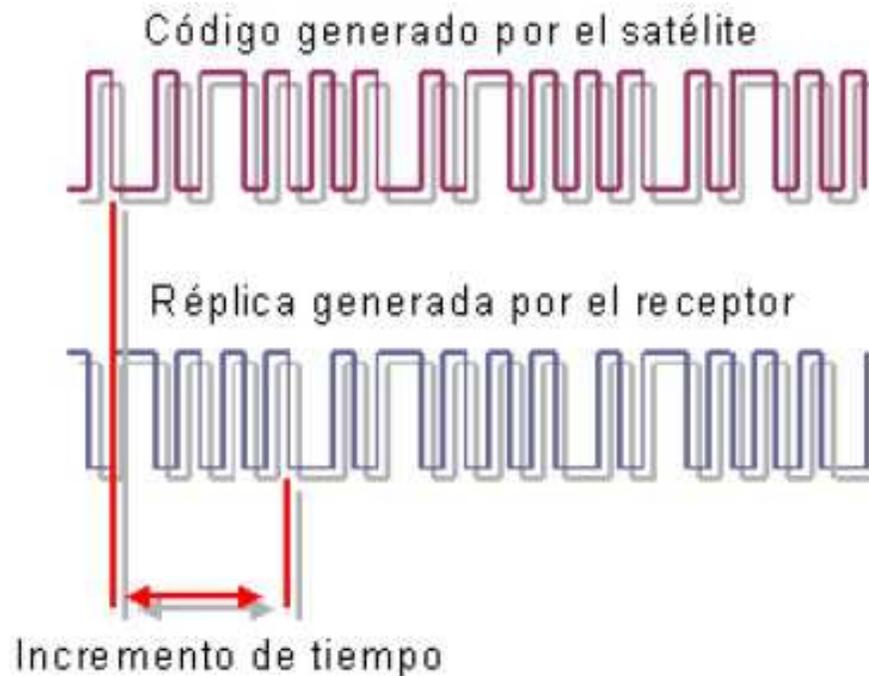
## ■ Código P

- Frecuencia  $f = 10.23\text{MHz}$  ( $f_0$ )
- $\lambda = 30\text{m}$

# Distancia Satélite-Receptor

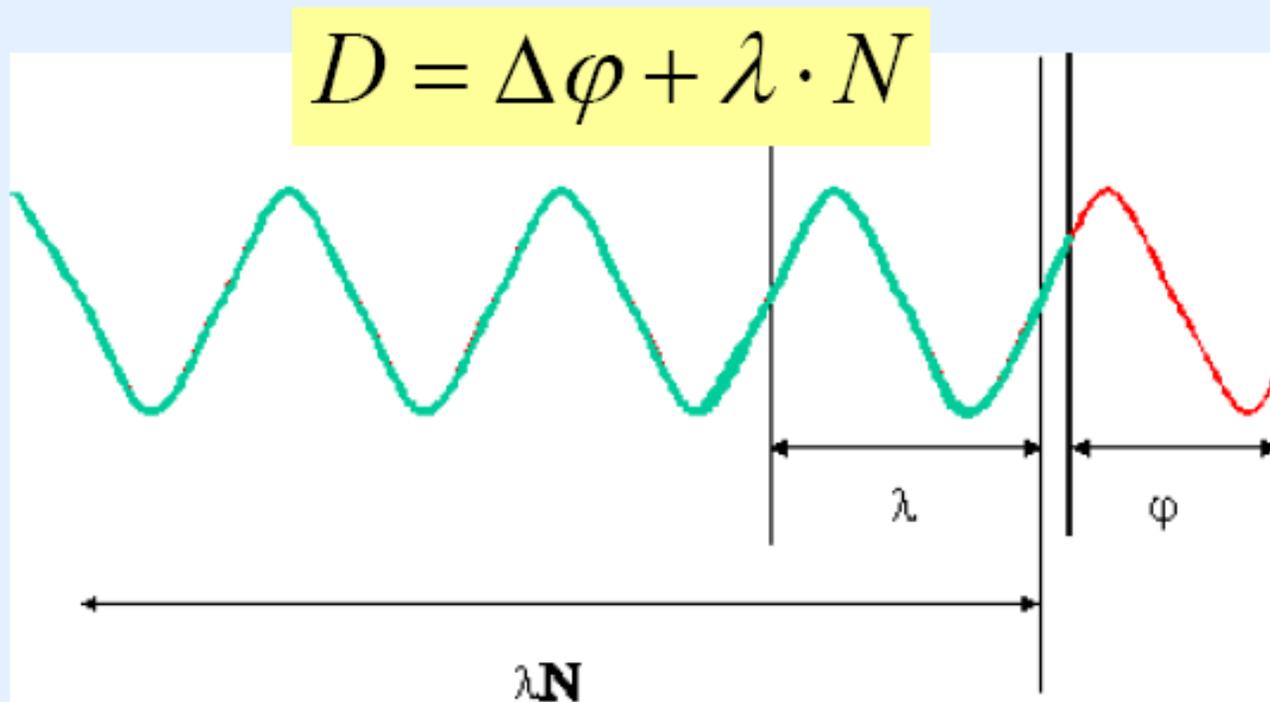
- La determinación de la posición de un punto mediante GPS se basa en la medida de la **distancia** entre el receptor y el satélite.
- El concepto de **observable GPS** es una medida de dicha distancia derivada de:
  - medidas de tiempo ó
  - diferencias de fase

basadas en la comparación entre la señal recibida por el receptor procedente del satélite, y la réplica de dicha señal generada por el receptor.



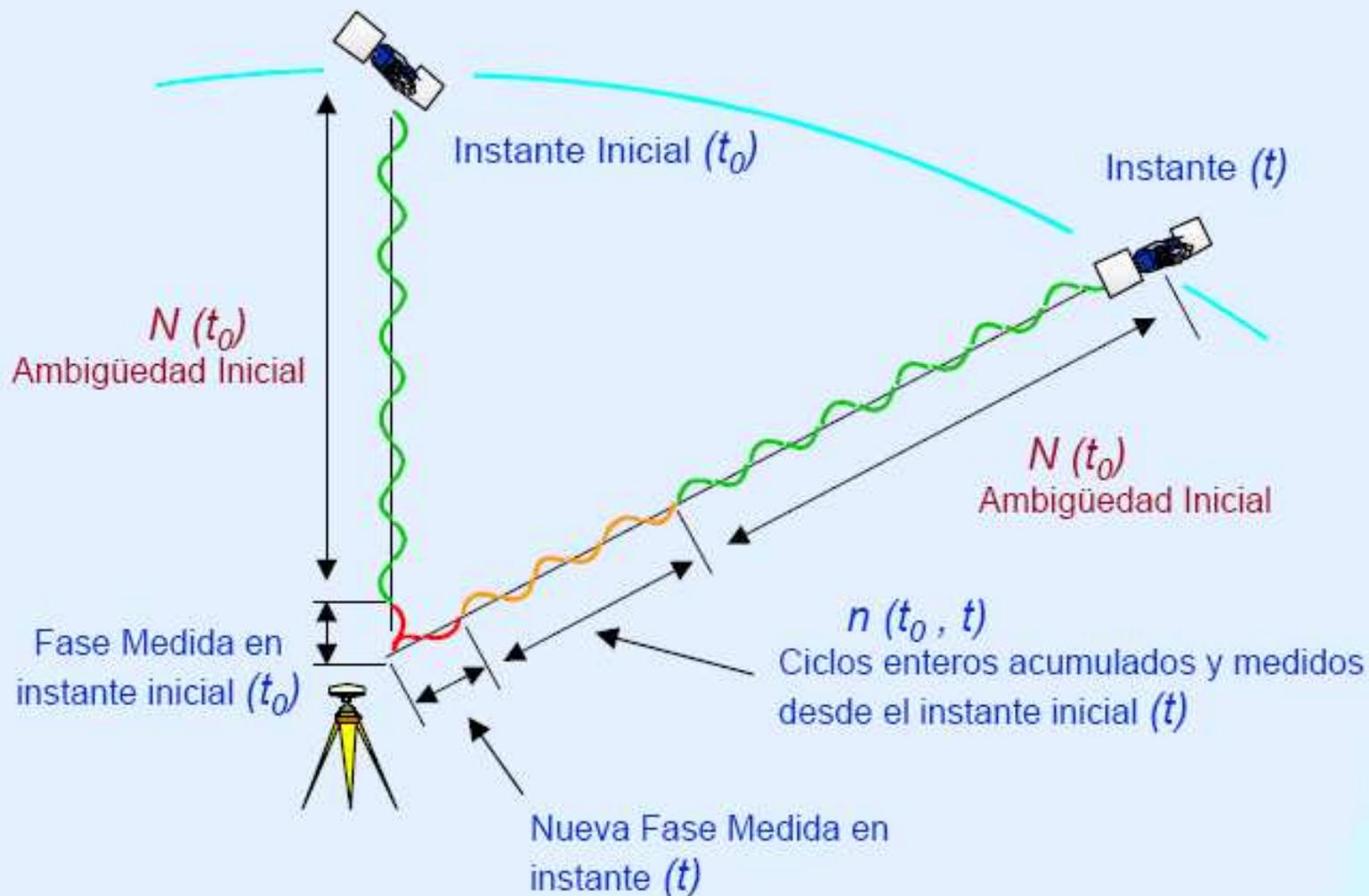
# Pseudodistancias de fase

- El observable de fase es la diferencia entre la fase de la portadora recibida del satélite y la fase generada internamente por el oscilador del receptor.
- Estas medidas de fase no tienen en cuenta el número de ondas enteras que hay entre el receptor y el satélite.
- La distancia satélite-receptor está relacionada con el número entero de longitudes de onda ( $N$ ) y su fase:



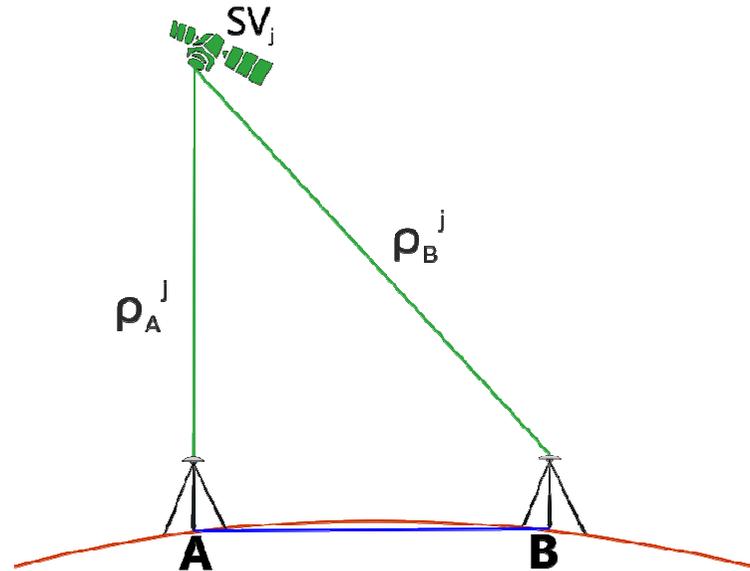
# Pseudodistancias de fase

- Teniendo en cuenta la distancia Satélite-Receptor en dos posiciones del primero, una vez 'fijado' el satélite, el receptor evalúa ciclos y fracción de ellos, pero no puede determinar la **Ambigüedad Inicial de Fase**



# POSICIONAMIENTO DIFERENCIAL

## Simple Diferencias



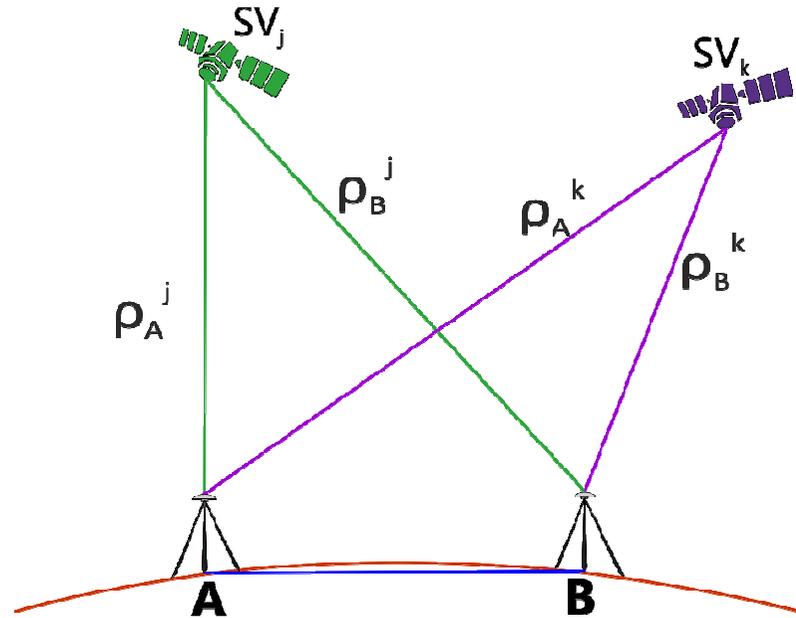
$$\rho_{A}^{j}(t) = (1/\lambda) \Phi_{A}^{j}(t) + N_{A}^{j} + f^{j} \delta^{j}(t) - f^{j} \delta_{A}(t)$$

$$\rho_{B}^{j}(t) = (1/\lambda) \Phi_{B}^{j}(t) + N_{B}^{j} + f^{j} \delta^{j}(t) - f^{j} \delta_{B}(t)$$

$$\rho_{AB}^{j}(t) = (1/\lambda) \Phi_{AB}^{j}(t) + N_{AB}^{j} - f^{j} \delta_{AB}(t)$$

# POSICIONAMIENTO DIFERENCIAL

## Dobles Diferencias



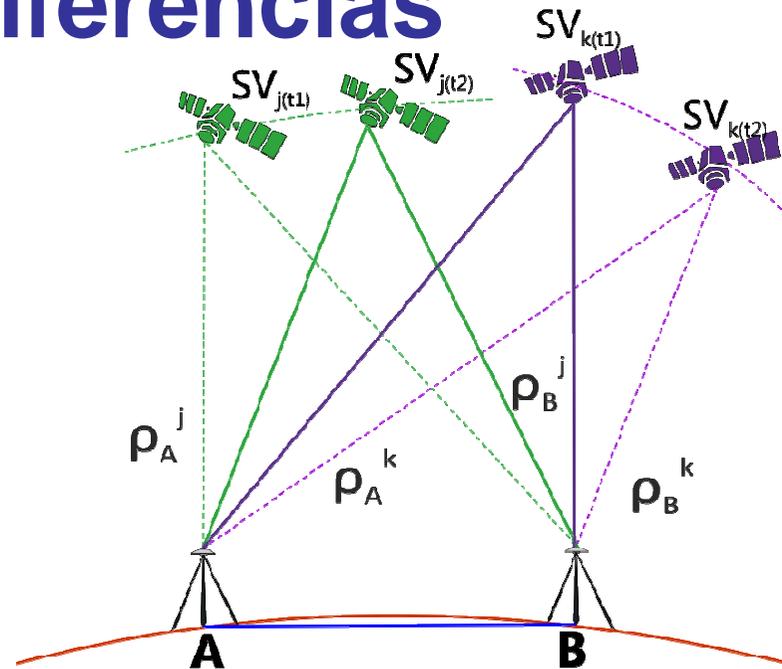
$$\rho_{AB}^j(t) = (1/\lambda) \Phi_{AB}^j(t) + N_{AB}^j - f^j \delta_{AB}(t)$$

$$\rho_{AB}^k(t) = (1/\lambda) \Phi_{AB}^k(t) + N_{AB}^k - f^k \delta_{AB}(t)$$

$$\rho_{AB}^{jk}(t) = (1/\lambda) \Phi_{AB}^{jk}(t) + N_{AB}^{jk}$$

# POSICIONAMIENTO DIFERENCIAL

## Triples Diferencias



$$\rho_{AB}^{jk}(t_1) = (1/\lambda) \Phi_{AB}^{jk}(t_1) + N_{AB}^{jk}$$

$$\rho_{AB}^{jk}(t_2) = (1/\lambda) \Phi_{AB}^{jk}(t_2) + N_{AB}^{jk}$$

$$\rho_{AB}^{jk}(t) = (1/\lambda) \Phi_{AB}^{jk}(t_{1-2})$$



# POSICIONAMIENTO CON GPS

## MODOS

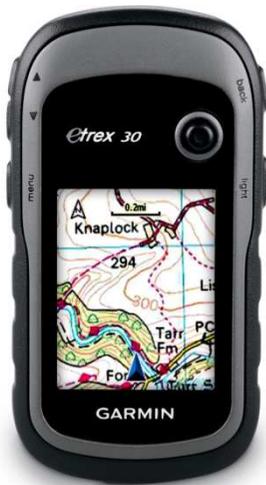
### □ AUTÓNOMO

### □ DIFERENCIAL

- ESTÁTICO
- CINEMÁTICO
- DGPS
- TIEMPO REAL (RTK)

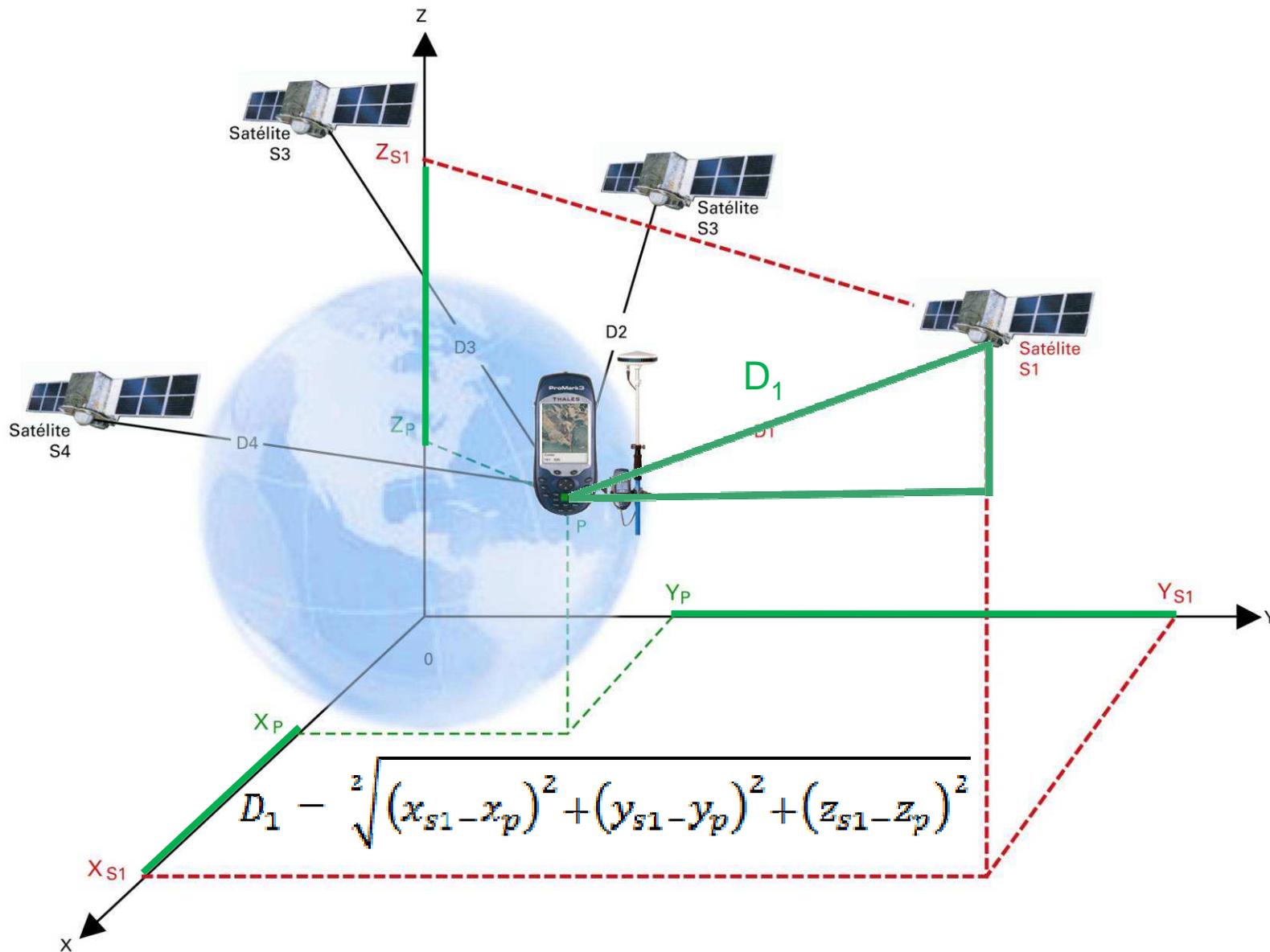
# Posicionamiento Autónomo

- Precisión entre 8m y 12m.
- Un solo receptor trabajando con el código C/A modulado en la portadora L1.
- Posicionamiento en tiempo real.





# Posicionamiento Autónomo



# Posicionamiento Autónomo

- En general:  $D = v \cdot t$  (M.R.U.)
- Para una onda en el vacío:  $D = c \cdot t$
- Para la medición GPS:

Distancia receptor-satélite

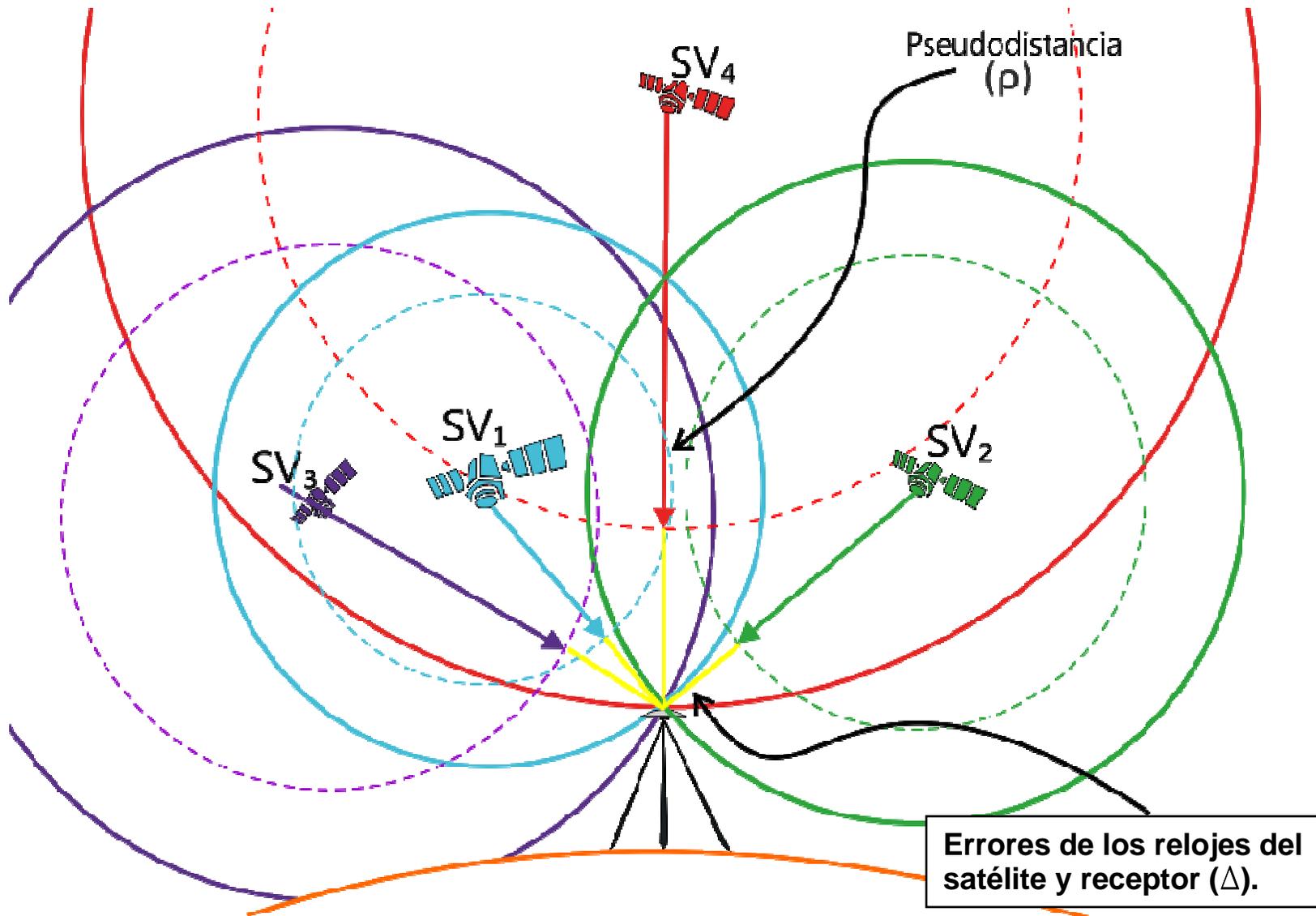
Errores de los relojes del satélite y receptor (incógnita)

$$D = c * ( t + \Delta t )$$

Velocidad de la luz  
300000Km/s

$\approx 0.07s$

# Posicionamiento Autónomo



# Posicionamiento Autónomo

$$c * (t_1 + \Delta t) = \sqrt{(x_{s1} - x_p)^2 + (y_{s1} - y_p)^2 + (z_{s1} - z_p)^2}$$

1 Ecuación  
1 Satélite,  $S_1$   
1 Dato medido,  $t_1$   
3 Datos conocidos,  $x_{s1}; y_{s1}; z_{s1}$   
4 Incógnitas,  $x_p; y_p; z_p; \Delta t$

## ■ Con 4 satélites...

$$c * (t_1 + \Delta t) = \sqrt{(x_{s1} - x_p)^2 + (y_{s1} - y_p)^2 + (z_{s1} - z_p)^2}$$

$$c * (t_2 + \Delta t) = \sqrt{(x_{s2} - x_p)^2 + (y_{s2} - y_p)^2 + (z_{s2} - z_p)^2}$$

$$c * (t_3 + \Delta t) = \sqrt{(x_{s3} - x_p)^2 + (y_{s3} - y_p)^2 + (z_{s3} - z_p)^2}$$

$$c * (t_4 + \Delta t) = \sqrt{(x_{s4} - x_p)^2 + (y_{s4} - y_p)^2 + (z_{s4} - z_p)^2}$$

4 Ecuaciones  
4 Incógnitas  
Sistema Compatible  
Determinado



1 Solución  
 $(X_p, Y_p, Z_p, \Delta t)$

# Posicionamiento con GPS autónomo (GDOP)

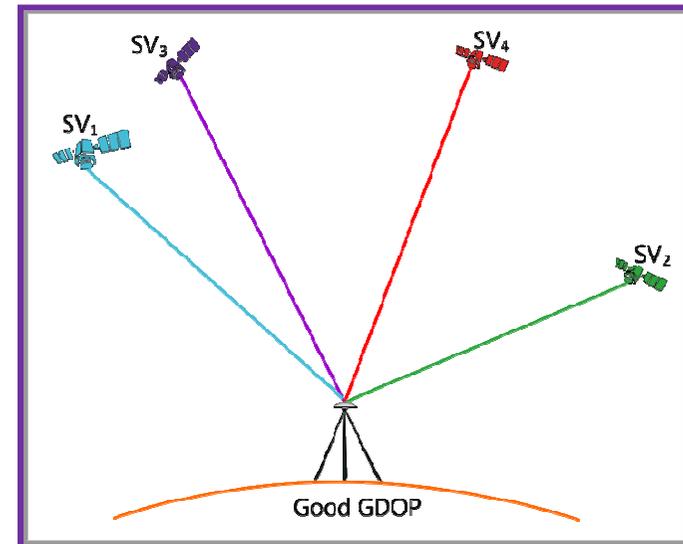
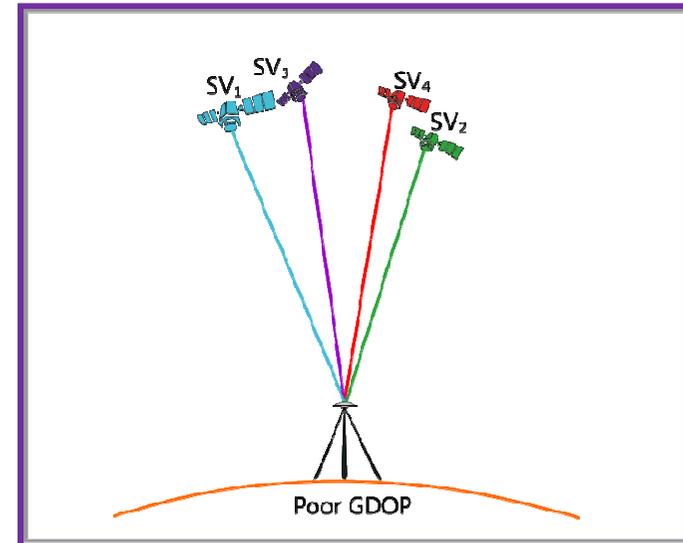
**GDOP** (Geometric Dilution of Precision)

**PDOP** (Position Dilution of Precision), 3D

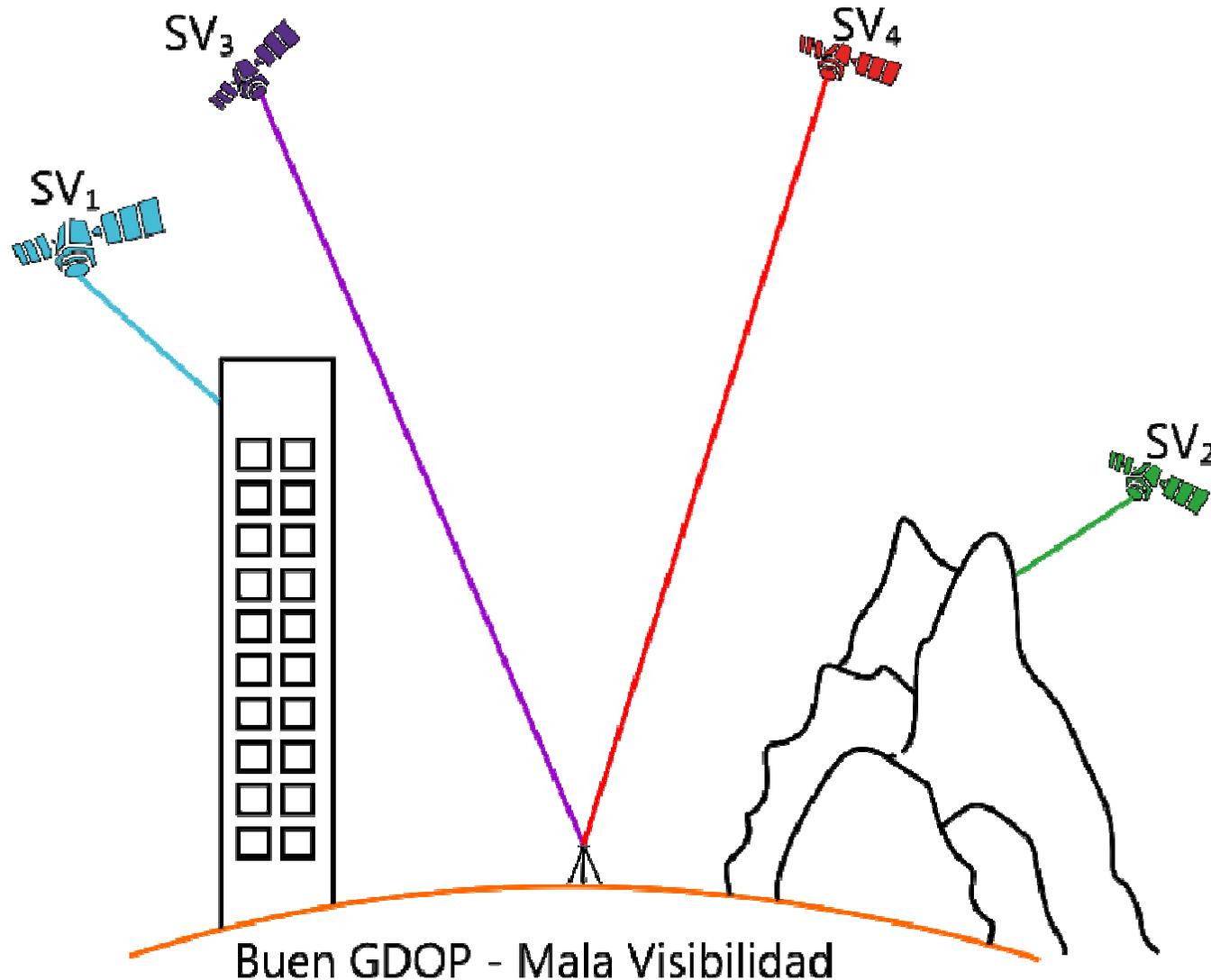
**HDOP** (Horizontal Dilution of Precision), Latitud y Longitud

**VDOP** (Vertical Dilution of Precision), Altura

**TDOP** (Time Dilution of Precision), Tiempo



# Posicionamiento con GPS autónomo (GDOP)

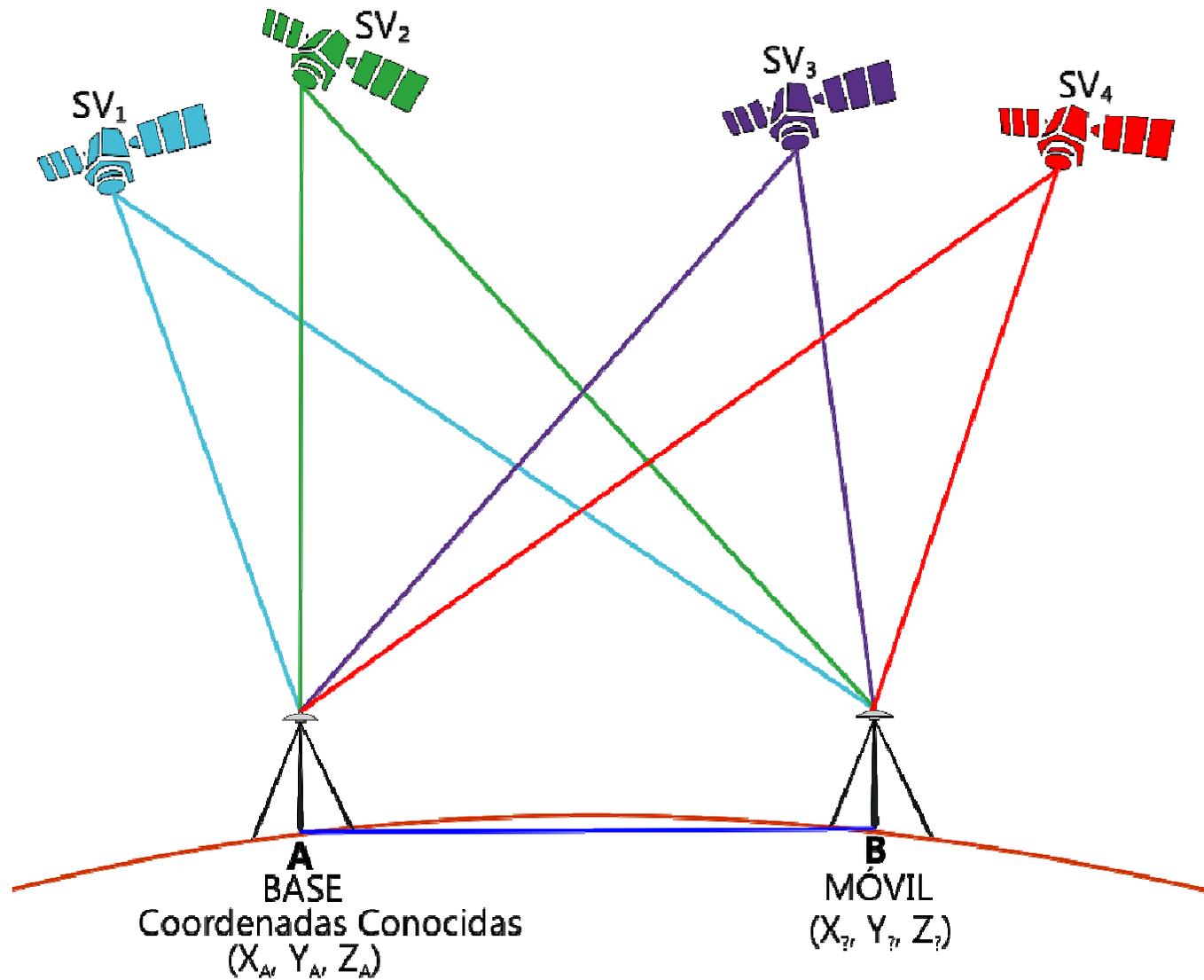


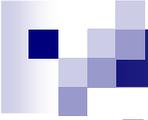
# Posicionamiento Diferencial

- Consiste en **dos receptores** que miden en forma simultánea.
- Se calcula con mucha precisión el **vector** que separa los dos receptores GPS.
- Uno de los puntos debe tener **coordenada conocida** → **MARCO DE REFERENCIA**
- Resolución de ambigüedades



# Posicionamiento con GPS Diferencial





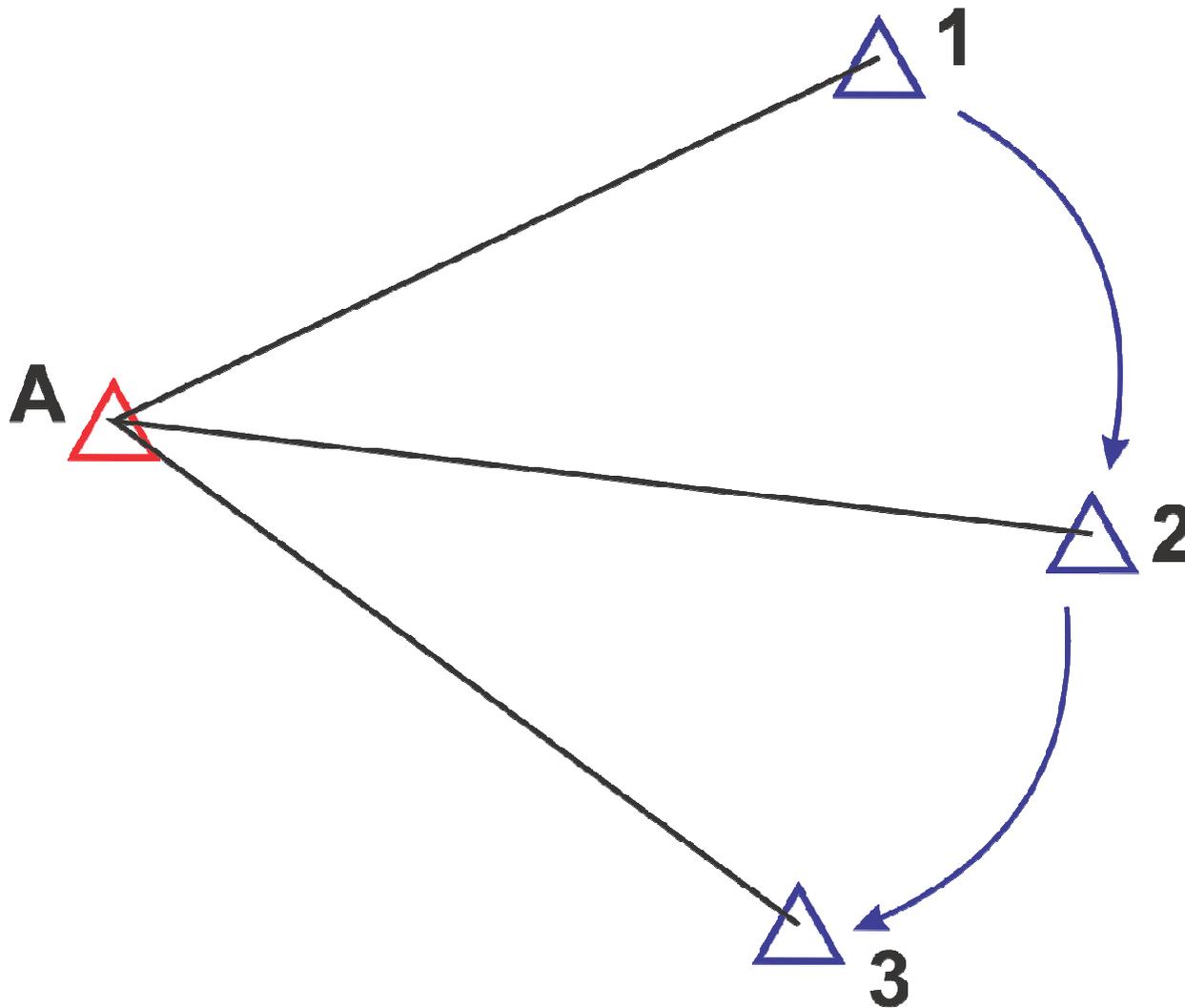
# Medición Diferencial Estática

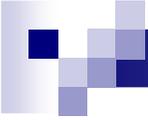
- 2 Ó MÁS RECEPTORES FIJOS MIDIENDO EN FORMA SIMULTÁNEA
- NECESIDAD DE UN PUNTO CON COORDENADAS CONOCIDAS
- RESOLUCIÓN DE AMBIGÜEDADES
- SOLUCIÓN DEL VECTOR

FIJA

FLOTANTE

# Medición Diferencial Estática





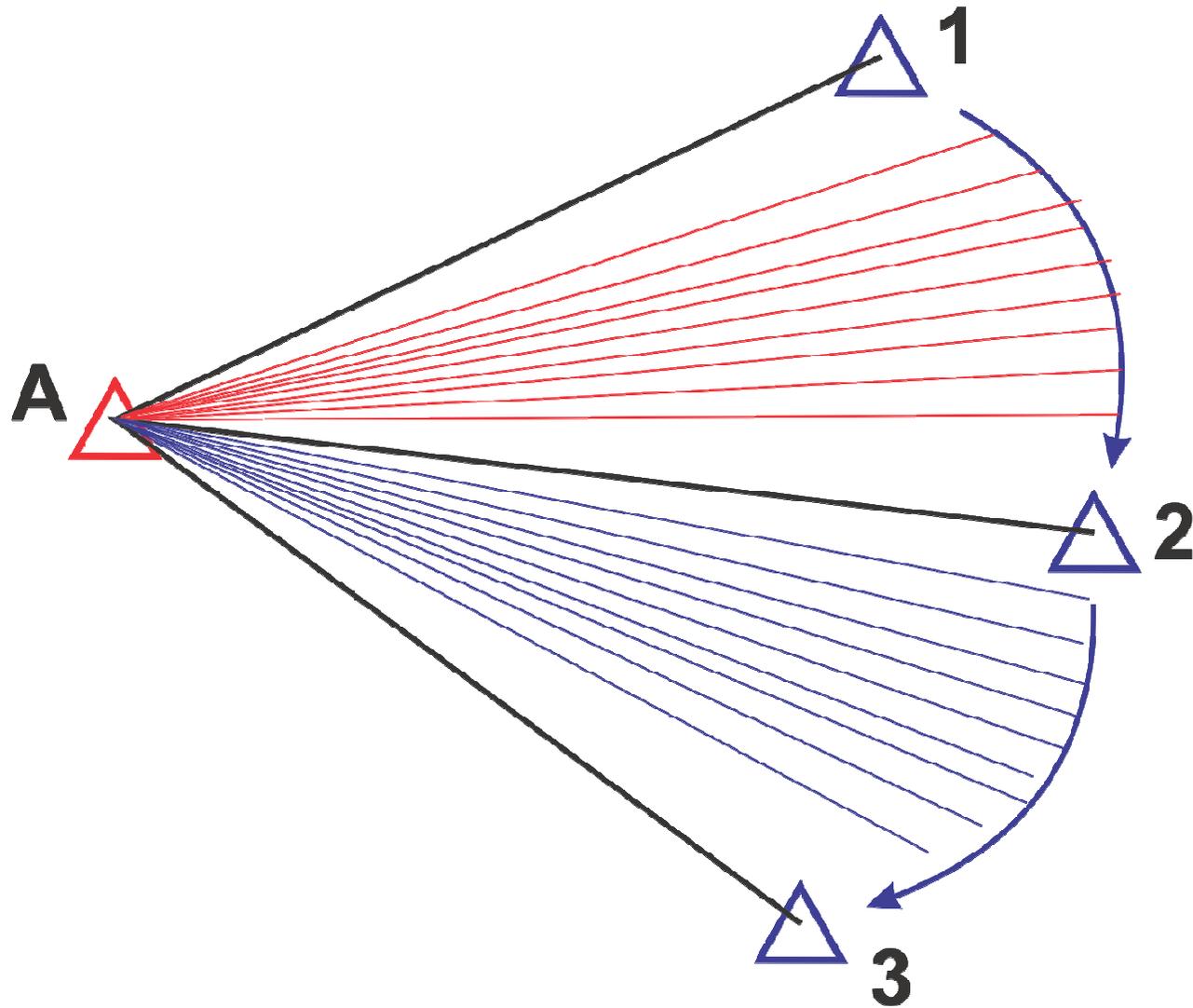
# Medición Diferencial Cinemática

- 2 Ó MÁS RECEPTORES MIDIENDO EN FORMA SIMULTÁNEA, UNO FIJO.
- NECESIDAD DE UN PUNTO CON COORDENADAS CONOCIDAS
- RESOLUCIÓN DE AMBIGÜEDADES
- SOLUCIÓN DEL VECTOR

FIJA

FLOTANTE

# Medición Diferencial Cinemática



# Fuentes de error en el posicionamiento





# Clasificación de errores

## ERRORES SISTEMÁTICOS

- ERRORES EN EL SATÉLITE Y CONFIGURACIÓN ORBITAL
- ERRORES EN LA PROPAGACIÓN DE LA SEÑAL GPS
- ERRORES EN EL RECEPTOR GPS

## ERRORES ACCIDENTALES

- RUIDO PROPIO DE LA MEDICIÓN SATELITAL



# Fuentes de error

**SATÉLITE:** Error del reloj  
Errores Orbitales

**PROPAGACIÓN DE LA SEÑAL:** Refracción  
**Ionosférica**  
**Troposférica**

**RECEPTOR:** Error del reloj  
Variación del centro de antena  
Multitrayectoria



# Relojes en el sistema GPS

**RELOJES EN  
SATÉLITES**

**RUBIDIO**       **$10^{-12}$  seg**

**CESIO**       **$10^{-13}$  seg**

**HIDRÓGENO**       **$10^{-14}$  seg**

**Error  $10^{-14}$  seg  $\Rightarrow$  1 segundo en 3 millones de años**

**RELOJ EN EL RECEPTOR  $\Rightarrow$  CUARZO  $\Rightarrow 10^{-10}$  seg**

**Error  $10^{-10}$  seg  $\Rightarrow$  1 segundo en 300 años**



# Errores orbitales

**EFEMÉRIDES SATELITAL**

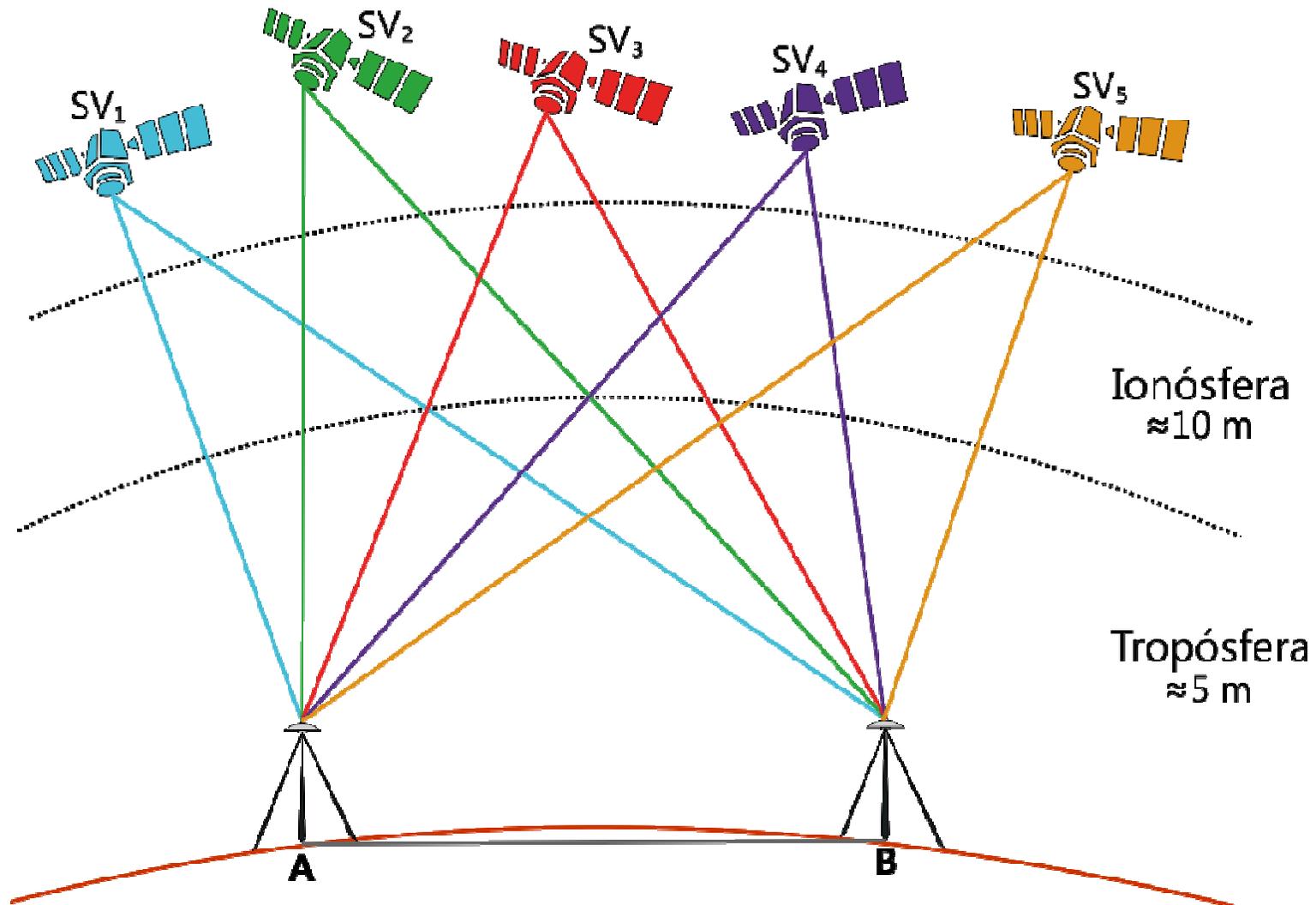
**RADIODIFUNDIDA**

**PRECISA**

- **CAMPO DE GRAVEDAD TERRESTRE (ANOMALÍAS)**
- **ACELERACIÓN DEBIDAS AL SOL Y LA LUNA**
- **PRESIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR**

# Propagación de la señal

## Retardo Ionosférico





# Variación del centro de fase de la antena

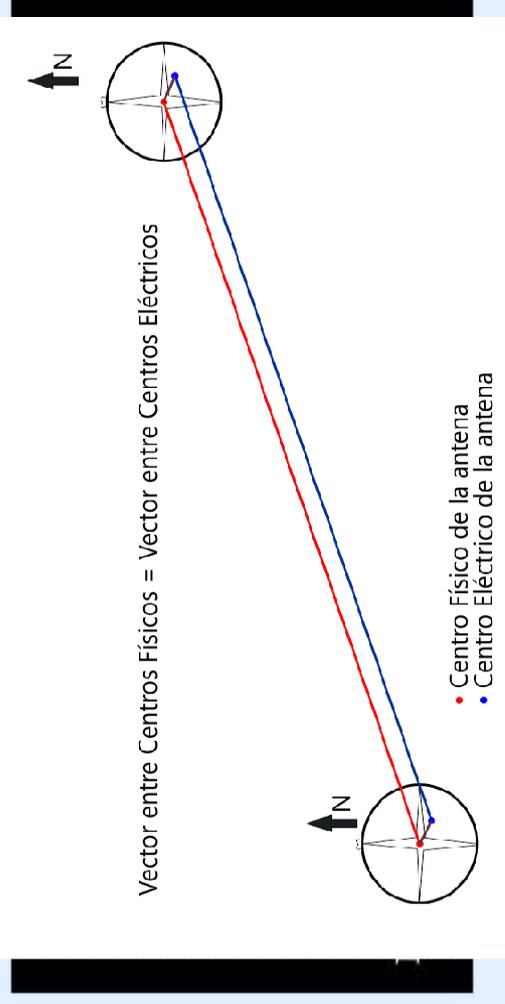
- **PUNTO RECEPTOR SEÑAL GPS**  $\Rightarrow$  CENTRO ELÉCTRICO DE LA ANTENA
- **CENTRO ELÉCTRICO  $\neq$  CENTRO GEOMÉTRICO**
- **CAUSAS**
  - CONFIGURACIÓN SATELITAL CAMBIANTE
  - VARIACIONES EN LA INTENSIDAD DE LA SEÑAL GPS
- **COMPENSACIÓN DEL ERROR**  $\Rightarrow$  ORIENTACIÓN DE LAS ANTENAS AL NORTE GEOGRÁFICO

# Introducción al Sistema GPS

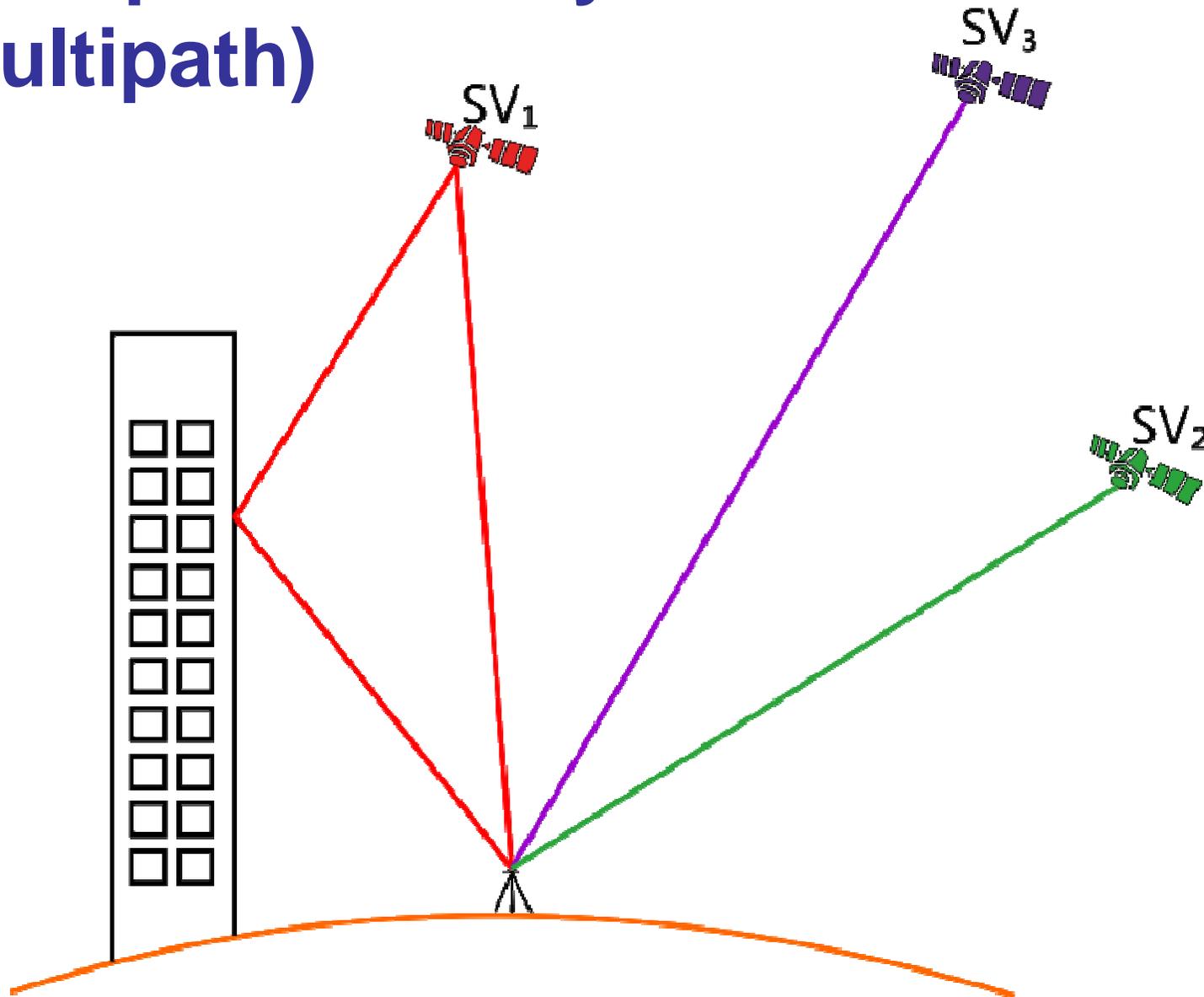
## ❖ ANTENAS GPS

### ■ PROBLEMAS:

- Centros de fase
- No coincidencia de los centros mecánicos de las antenas con sus centros de fase.
- Variación de los centros de fase con la altura de los satélites



# Error por multitrayectoria (Multipath)

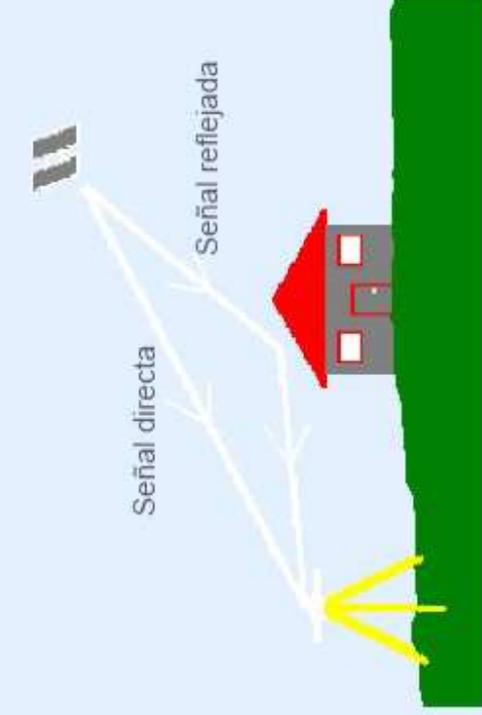
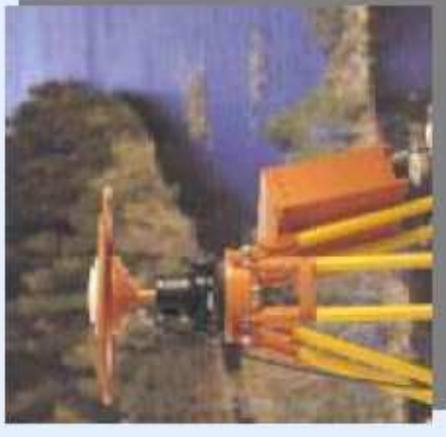


# Introducción al Sistema GPS

## ❖ ANTENAS GPS

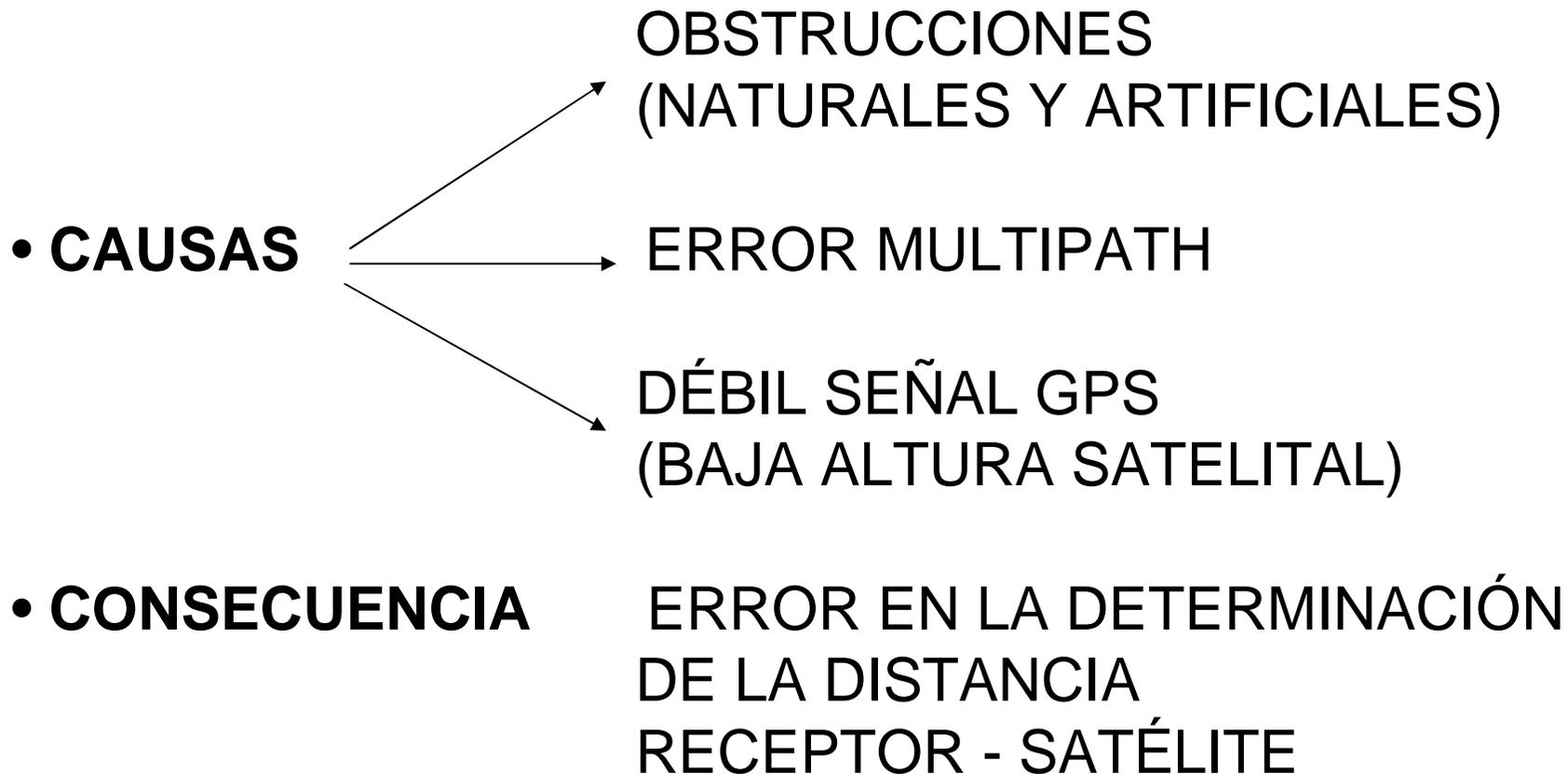
### ■ PROBLEMAS:

- Interferencias RF
- Multipath o Multitrayectoria
  - Planos de Tierra
  - Choke Ring



# Pérdida de ciclos en la señal GPS

- DISCONTINUIDAD EN LA RECEPCIÓN DE LA SEÑAL GPS





# Terminología utilizada en GPS

**Sesión**: Lapso de medición entre 2 receptores al mismo tiempo.

**Intervalo de Registro**: Cada cuanto tiempo se graban las observaciones.

**Época**: Intervalo de registro contado como unidad.

**Ángulo de máscara**: Ángulo desde el horizonte que define a partir de donde comienzan a observarse los satélites.



# Georreferenciación de mensuras



# **LEY NACIONAL DE CATASTRO – LEY 26209**

**ARTÍCULO 3º** — El poder de policía inmobiliario catastral comprende las siguientes atribuciones, sin perjuicio de las demás que las legislaciones locales asignen a los organismos mencionados en el artículo anterior:

- a) Practicar de oficio actos de levantamiento parcelario y territorial con fines catastrales;
- b) **Realizar la georreferenciación parcelaria y territorial;**
- c) Registrar y publicitar los estados parcelarios y de otros objetos territoriales legales con base en la documentación que les da origen, llevando los correspondientes registros;
- d) Requerir declaraciones juradas a los propietarios u ocupantes de inmuebles;
- e) Realizar inspecciones con el objeto de practicar censos, verificar infracciones o con cualquier otro acorde con las finalidades de esta ley;
- f) Expedir certificaciones;
- g) Ejecutar la cartografía catastral de la jurisdicción; confeccionar, conservar y publicar su registro gráfico;
- h) Formar, conservar y publicar el archivo histórico territorial;
- i) Interpretar y aplicar las normas que regulen la materia;
- j) **Establecer estándares, metadatos y todo otro componente compatible con el rol del catastro en el desarrollo de las infraestructuras de datos geoespaciales.**



# **LEY NACIONAL DE CATASTRO – LEY 26209**

**ARTÍCULO 5º** — Son elementos de la parcela:

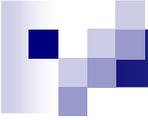
I. Esenciales:

- a) **La ubicación georreferenciada del inmueble;**
- b) Los límites del inmueble, en relación a las causas jurídicas que les dan origen;
- c) Las medidas lineales, angulares y de superficie del inmueble.

II. Complementarios:

- a) La valuación fiscal;
- b) Sus linderos.

Dichos elementos constituyen el estado parcelario del inmueble.



# **LEY NACIONAL DE CATASTRO – LEY 26209**

**ARTÍCULO 6º** — La determinación de los estados parcelarios se realizará mediante actos de levantamiento parcelario consistentes **en actos de mensura ejecutados y autorizados por profesionales con incumbencia en la agrimensura**, quienes asumirán la responsabilidad profesional por la documentación suscripta, de acuerdo a lo dispuesto en la presente ley y **en la forma y condiciones que establezcan las legislaciones locales**.

**IMPLEMENTACIÓN DE LA LEY  
NACIONAL DE CATASTRO (26209), EN  
CADA UNA DE LAS PROVINCIAS**



## ***PARCELA GEORREFERENCIADA***

- Integrarla a una Base de Datos Geográfica Única.
- Tenga una ubicación geoespacial conocida.
- Tenga atributos suficientes para poder constituirse como parcela dentro de una Base de Datos Geográfica.
- Que comience a ser parte de una **Infraestructura de Datos Espaciales Provincial – IDE**.
- Que esta IDE Provincial se integre a la IDE Nacional denominada **IDERA**.

# ¿Qué es una Infraestructura de Datos Espaciales?

Tecnológicamente una **IDE** es un sistema integrado por un conjunto de recursos técnicos (catálogos, servidores, programas, datos, aplicaciones, páginas Web,...) dedicados a gestionar Información Geográfica (mapas, ortofotos, imágenes de satélite, topónimos,...), disponibles en Internet, que cumpla una serie de condiciones de interoperabilidad (normas, estándares, especificaciones, protocolos, interfaces,...).

Este sistema debe permitir que un usuario, utilizando un simple navegador, pueda utilizar la información disponible y combinarla según sus necesidades y licencias de uso.

# ¿Qué es una Infraestructura de Datos Espaciales?

## Definición



Es un sistema estandarizado, integrado por un conjunto de recursos informáticos cuyo fin es visualizar y gestionar información geográfica que se encuentra ubicada en el territorio.



# **INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA (IDERA)**



**ACUERDOS**



**SERVICIOS -  
TECNOLOGÍA**



**BASES  
NORMATIVAS**

# Tecnología IDE bajo Normas y Estándares ISO - OGC



**GEORREFERENCIACIÓN**

Permite sobre la base de la cooperación y la interoperabilidad la integración de datos provenientes de distinta fuentes y ubicación remota

# IDERA. Conformación progresiva.



**2009.** Acuerdo entre organismos nacionales.  
Buenos Aires

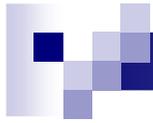


**2010.** Acta Acuerdo para la conformación de la plataforma de trabajo de la Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina



**2011.** Reglamento

**2012.** 1er. Asamblea de IDERA



# IDERA

Infraestructura de Datos Espaciales  
de la República Argentina

[www.idera.gob.ar](http://www.idera.gob.ar)

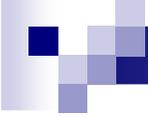


# Georreferenciación de mensuras



# Georreferenciación de parcelas

- Ejemplo de la Provincia de Buenos Aires.
- Georreferenciación reglamentada por Disposición 384/09 de la Provincia de Buenos Aires.



# Georreferenciación de parcelas

- Tolerancia máxima de 30cm para cada una de las coordenadas del vértice de la parcela.
- Medición de coordenadas de dos vértices de la parcela: vector largo (ubicación) y vector corto (orientación)



# Georreferenciación de parcelas

## Tiempos de medición

### ■ Vector Largo:

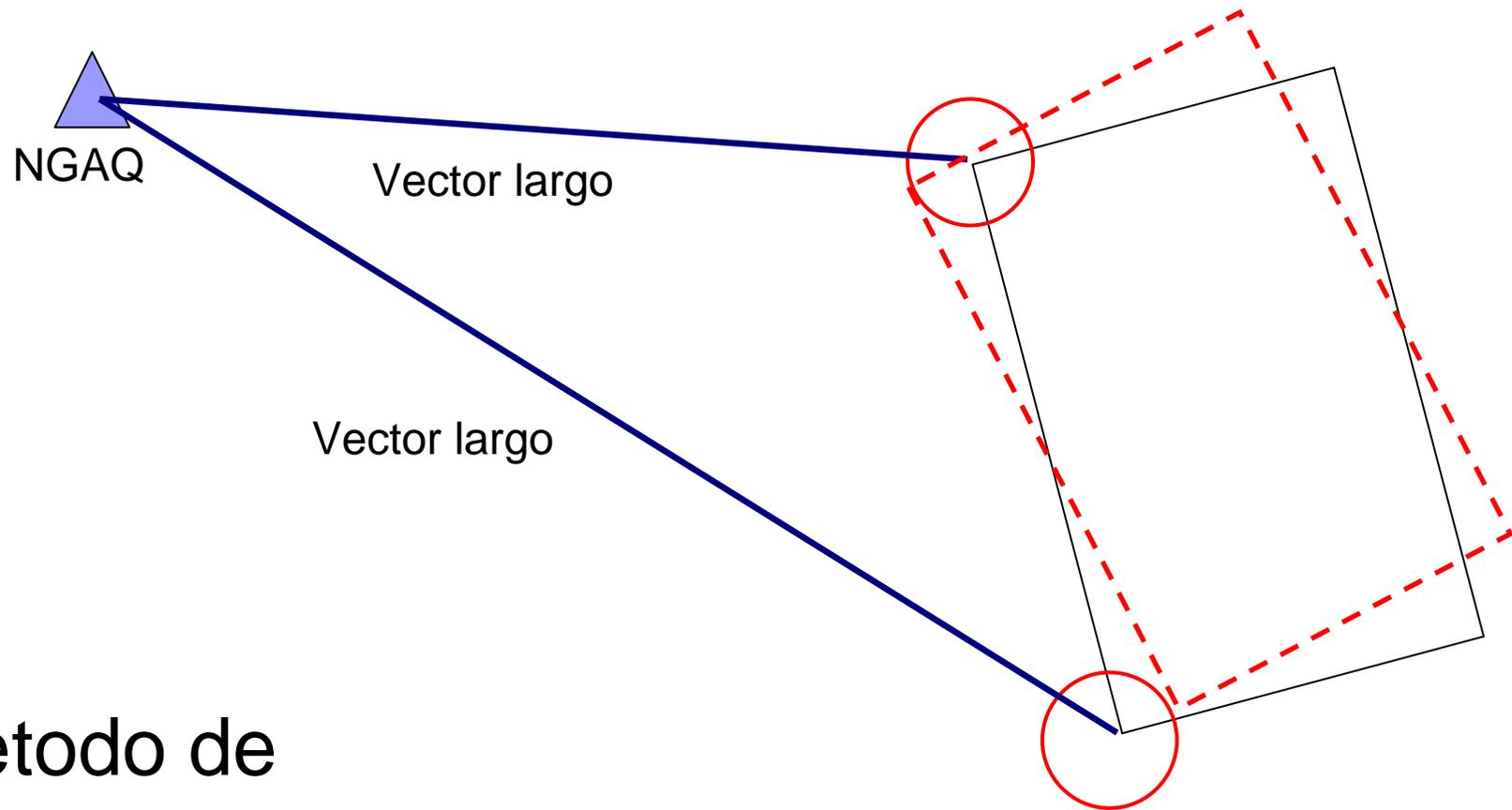
#### □ Equipo Simple Frecuencia L1

- Distancia  $\leq 30\text{Km}$  \_\_\_\_\_ 1:30 hs
- $30\text{Km} < \text{Distancia} \leq 65\text{Km}$  \_\_\_\_\_ 3:00 hs
- $65\text{Km} < \text{Distancia} \leq 100\text{Km}$  \_\_\_\_\_ 4:00 hs

#### □ Equipo Doble Frecuencia L1L2

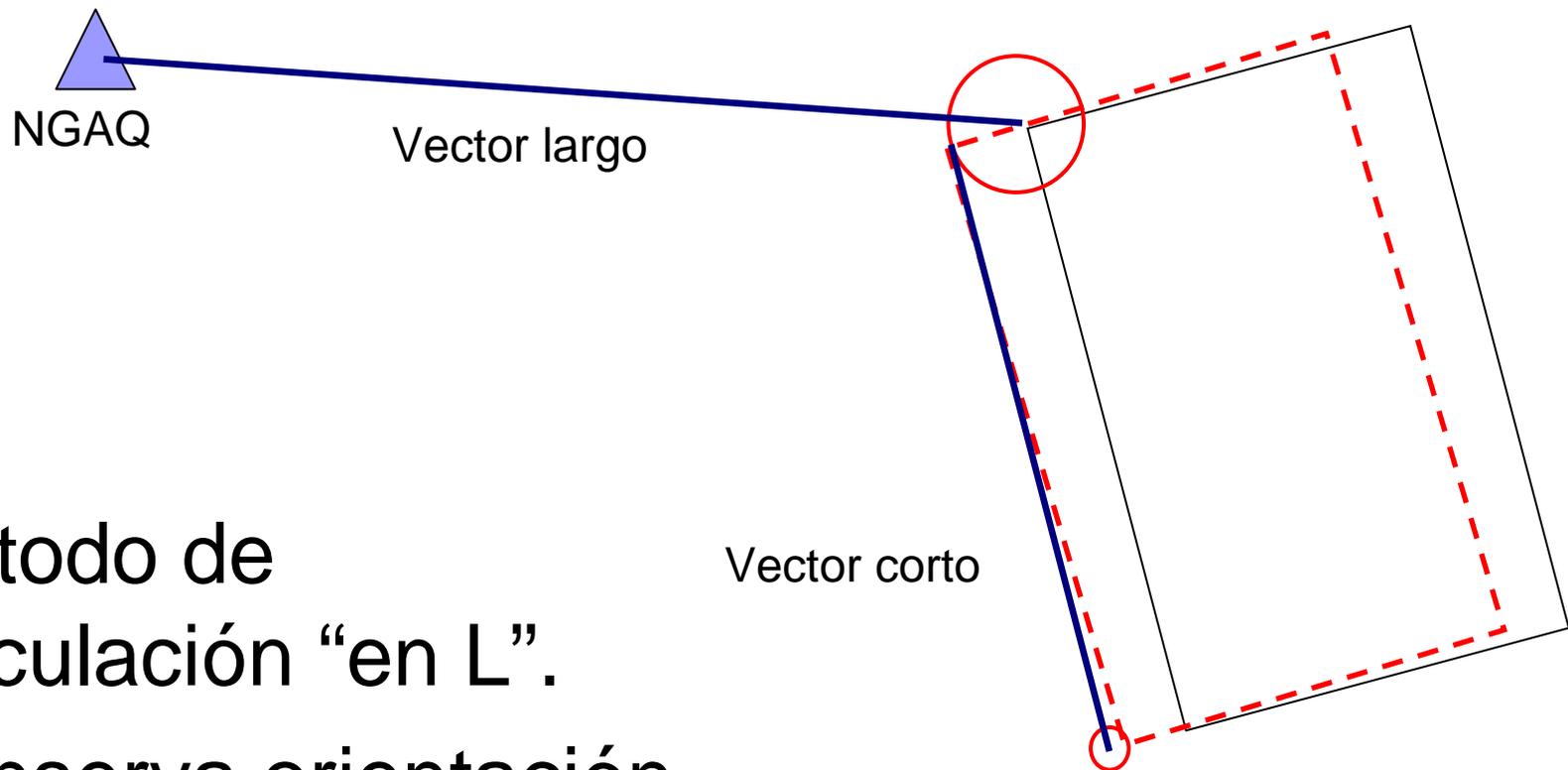
- Distancia  $\leq 30\text{Km}$  \_\_\_\_\_ 1:00 hs
- $30\text{Km} < \text{Distancia} \leq 80\text{Km}$  \_\_\_\_\_ 1:30 hs
- $80\text{Km} < \text{Distancia} \leq 150\text{Km}$  \_\_\_\_\_ 2:00 hs
- $150\text{Km} < \text{Distancia} \leq 200\text{Km}$  \_\_\_\_\_ 3:00 hs

# Georreferenciación de parcelas



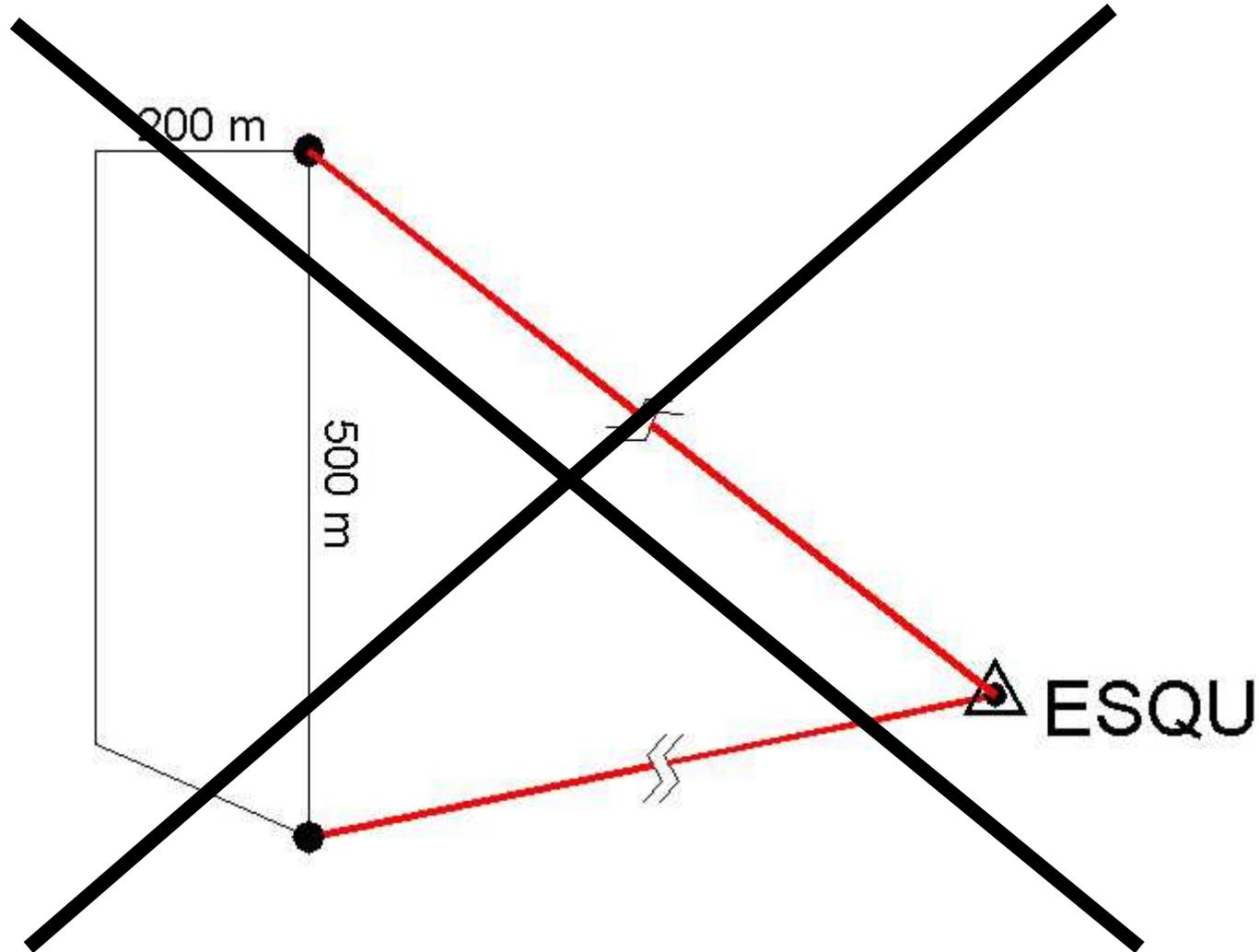
- Método de vinculación “en V”

# Georreferenciación de parcelas

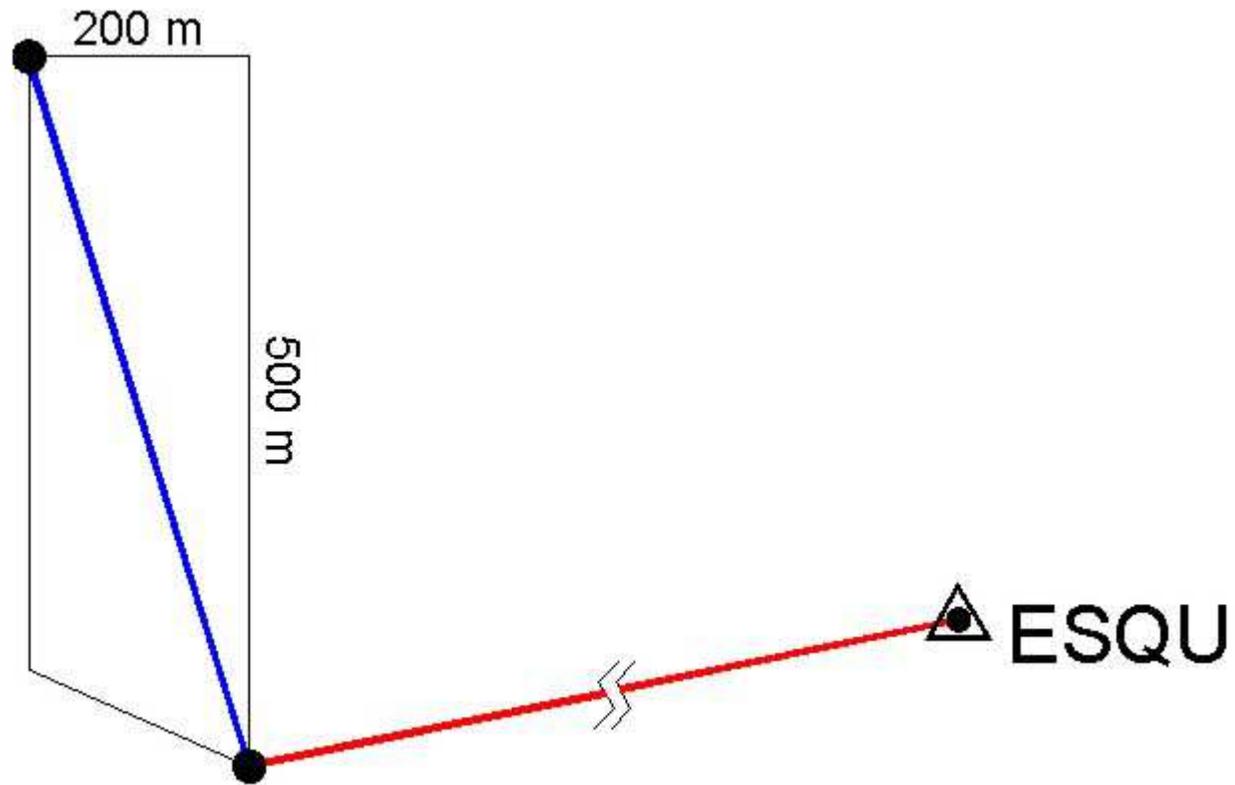


- Método de vinculación “en L”.
- Conserva orientación de la parcela

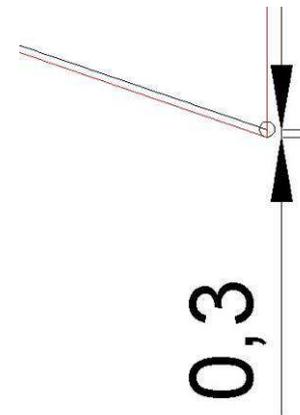
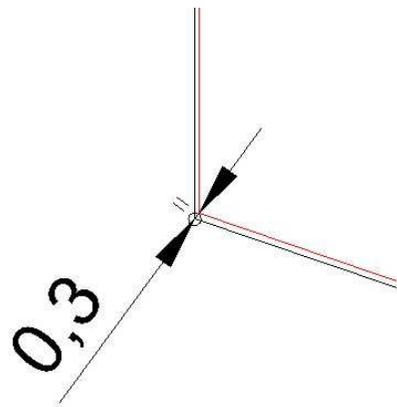
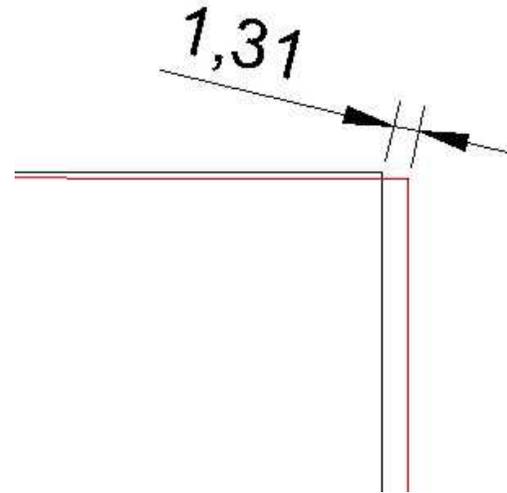
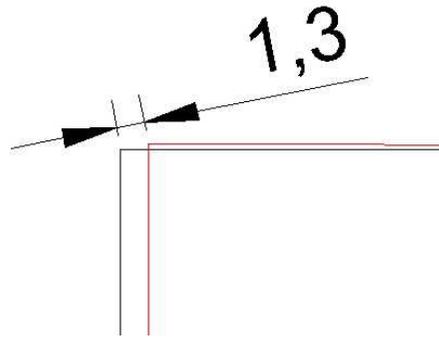
# Georreferenciación de parcelas



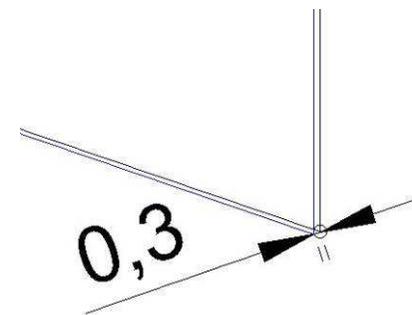
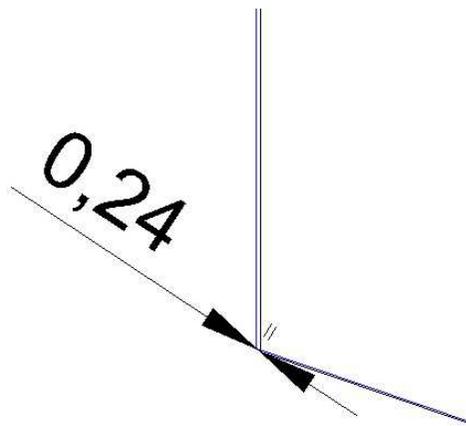
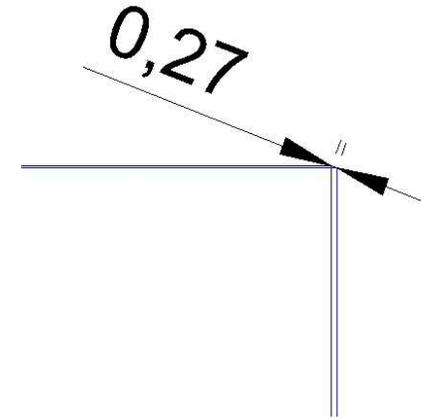
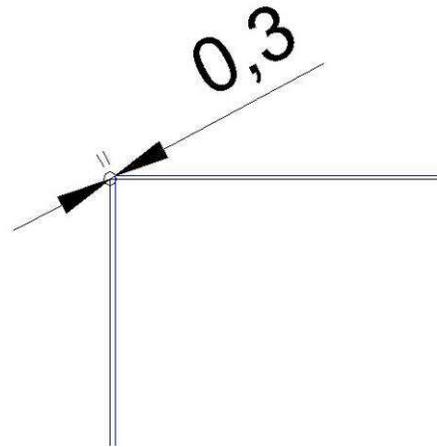
# Georreferenciación de parcelas



# Georreferenciación de parcelas



# Georreferenciación de parcelas





# Georreferenciación de mensuras - Ejemplo

# Georreferenciación – Ejemplo



# Georreferenciación – Ejemplo

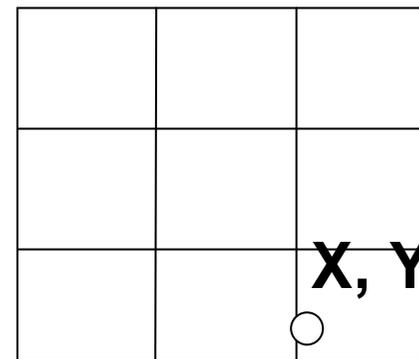
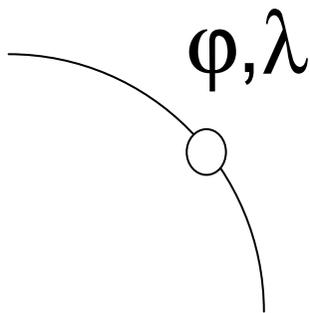




# Sistemas de Proyección Cartográficos

# Sistema de Proyección Cartográfico

- Un Sistema de Proyección Cartográfico permite representar en un plano la superficie curva de la Tierra.
- A cada punto del terreno de coordenadas  $\varphi, \lambda$  le corresponde en el plano un único punto de coordenadas **X, Y** y viceversa.
- En la transformación de coordenadas geodésicas a planas se producen deformaciones.





# Sistema de Proyección Cartográfico

## Deformaciones

DEFORMACIONES

LINEALES

ANGULARES

AREALES

CLASIFICACIÓN

SISTEMAS EQUILÁTEROS

SISTEMAS CONFORMES

SISTEMAS EQUIVALENTES



# Sistema de Proyección Cartográfico

## Escala de proyección

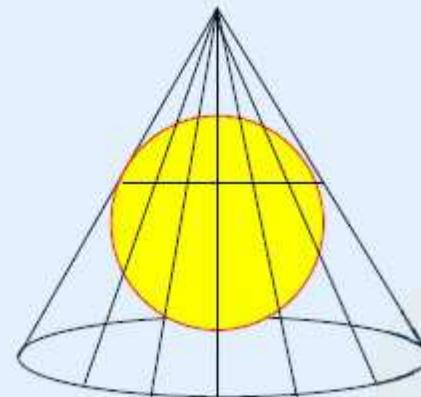
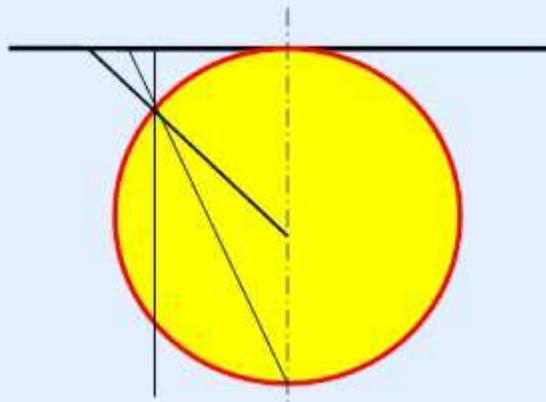
- GEOGRÁFICOS  $\longrightarrow$   $E < 1 : 1.000.000$
- ELIPSÓIDICOS  $\longrightarrow$   $E \geq 1 : 1.000.000$

# Sistema de Proyección Cartográfico

## Tipo de proyección

### Proyecciones *en función del proceso geométrico:*

- **Proyección perspectiva:** la superficie es proyectada sobre un plano tangente o secante en un punto determinado de la superficie terrestre.
- **Proyección desarrollable o por desarrollo:** la superficie terrestre es proyectada sobre una figura geométrica que se puede desarrollar en un plano (cono o cilindro).





# Sistema de Proyección Cartográfico

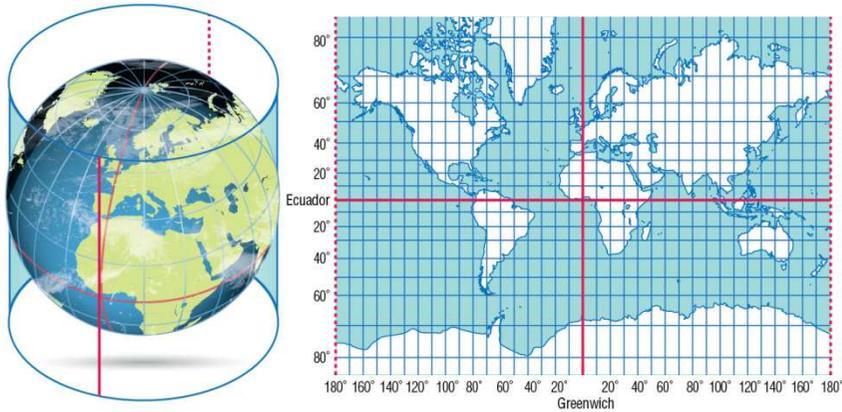
## Superficie de proyección

- AZIMUTALES → PLANO
- CILÍNDRICOS → CILINDRO
- CÓNICOS → CONO

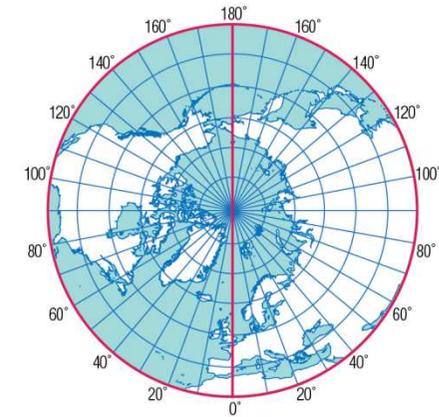
# Sistema de Proyección Cartográfica

## Superficie de proyección

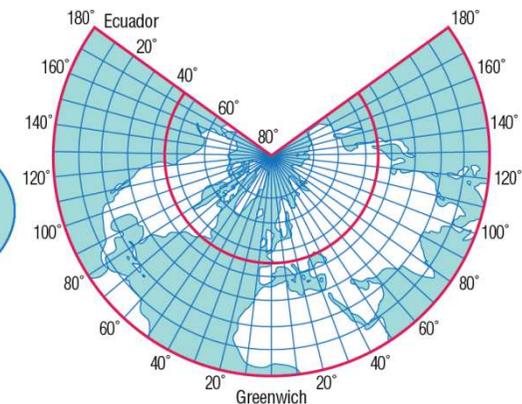
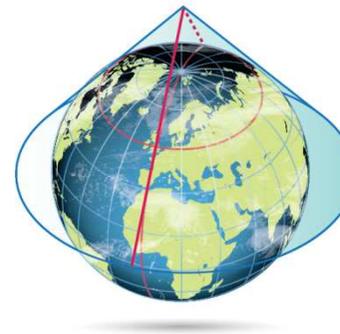
### PROYECCIÓN CILÍNDRICA



### PROYECCIÓN ACIMUTAL



### PROYECCIÓN CÓNICA





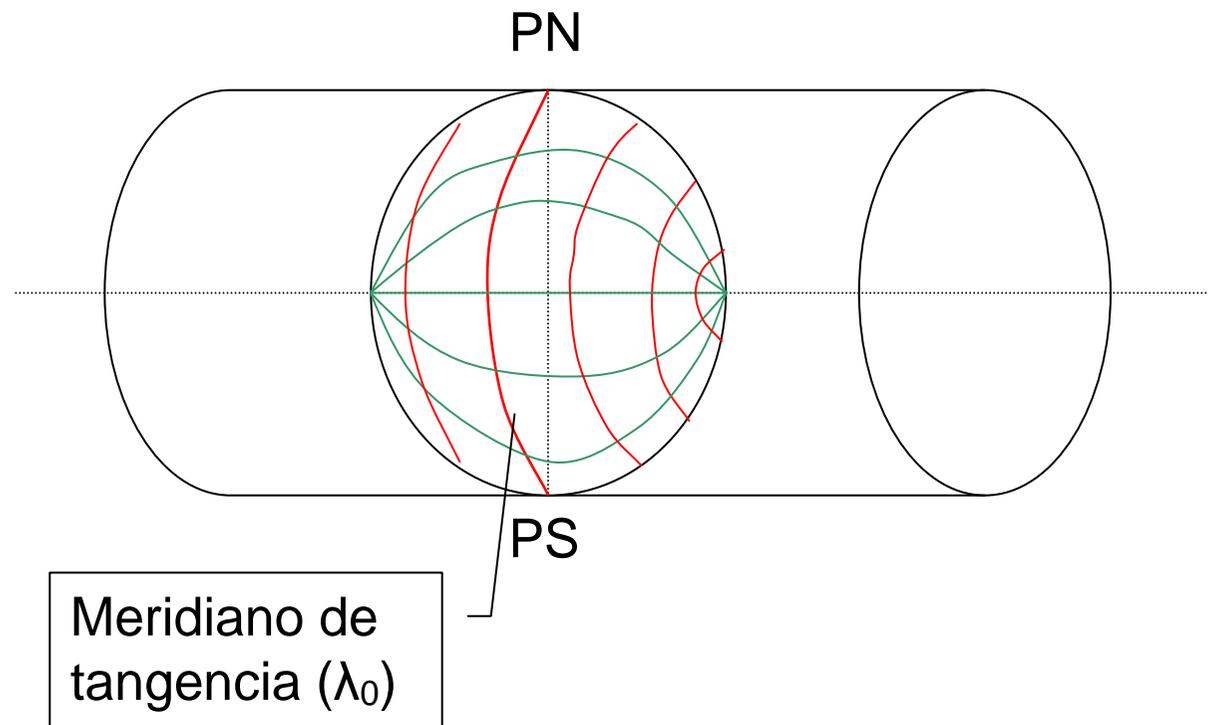
# Sistema de Proyección Cartográfico

## Proyección **GAUSS-KRÜGER**

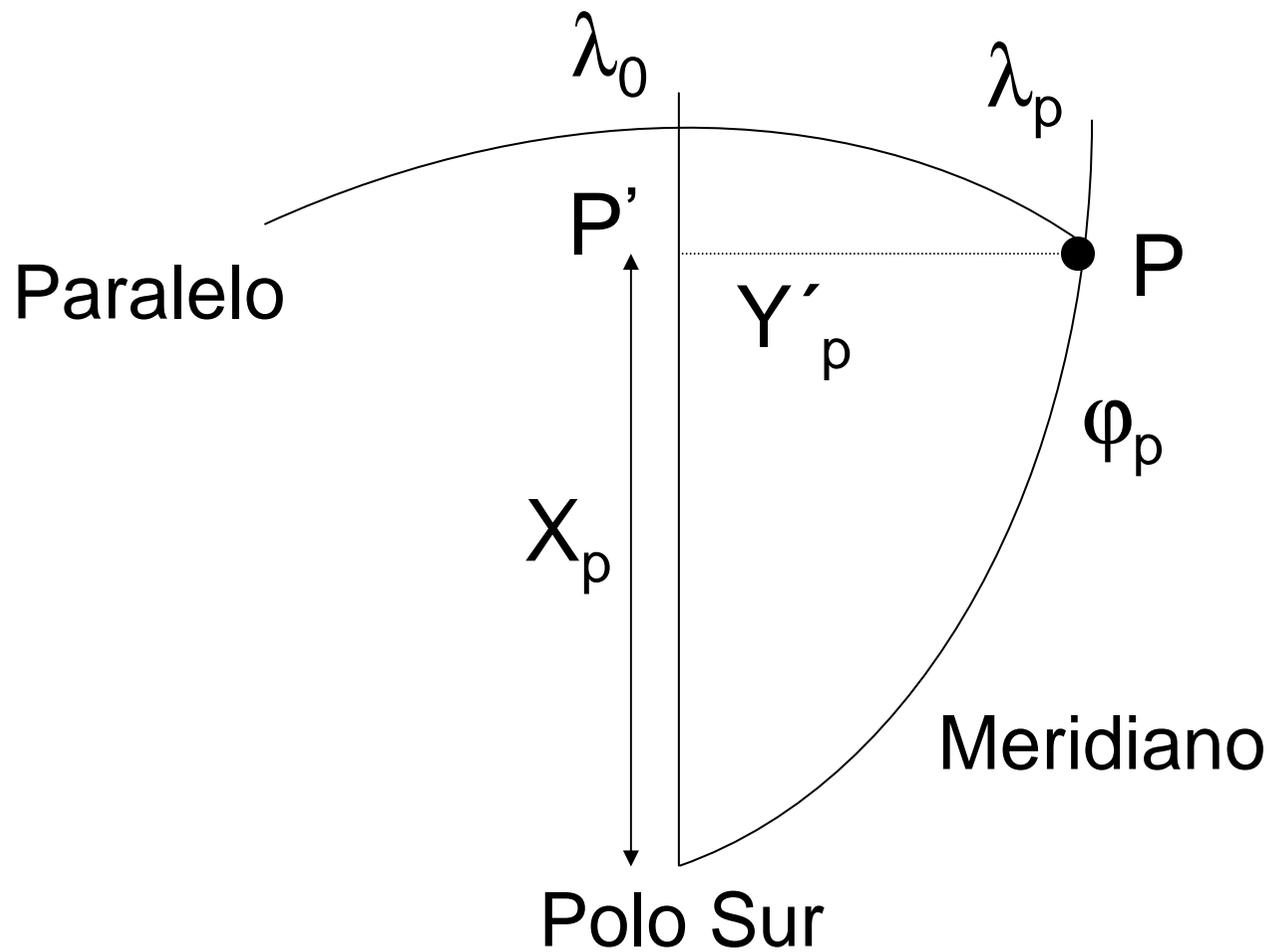
### CARACTERÍSTICAS

- **CONFORME**       $\Rightarrow$  Se conservan los ángulos
- **CONVENCIONAL**  $\Rightarrow$  Transformación  $\varphi, \lambda \Leftrightarrow X, Y$  por fórmulas
- **CILÍNDRICO**       $\Rightarrow$  Se desarrolla sobre un cilindro tangente transversal
- **ELIPSÓIDICO**       $\Rightarrow$  Escala  $\geq 1 : 1000000$

# Proyección GAUSS-KRÜGER



# Proyección GAUSS-KRÜGER





# Coordenadas **GAUSS-KRÜGER**

**X**  $\Rightarrow$  SE MIDE SOBRE  $\lambda_0$  DESDE EL POLO SUR

$$Y = Y_0 + Y'_p$$

**Donde :**

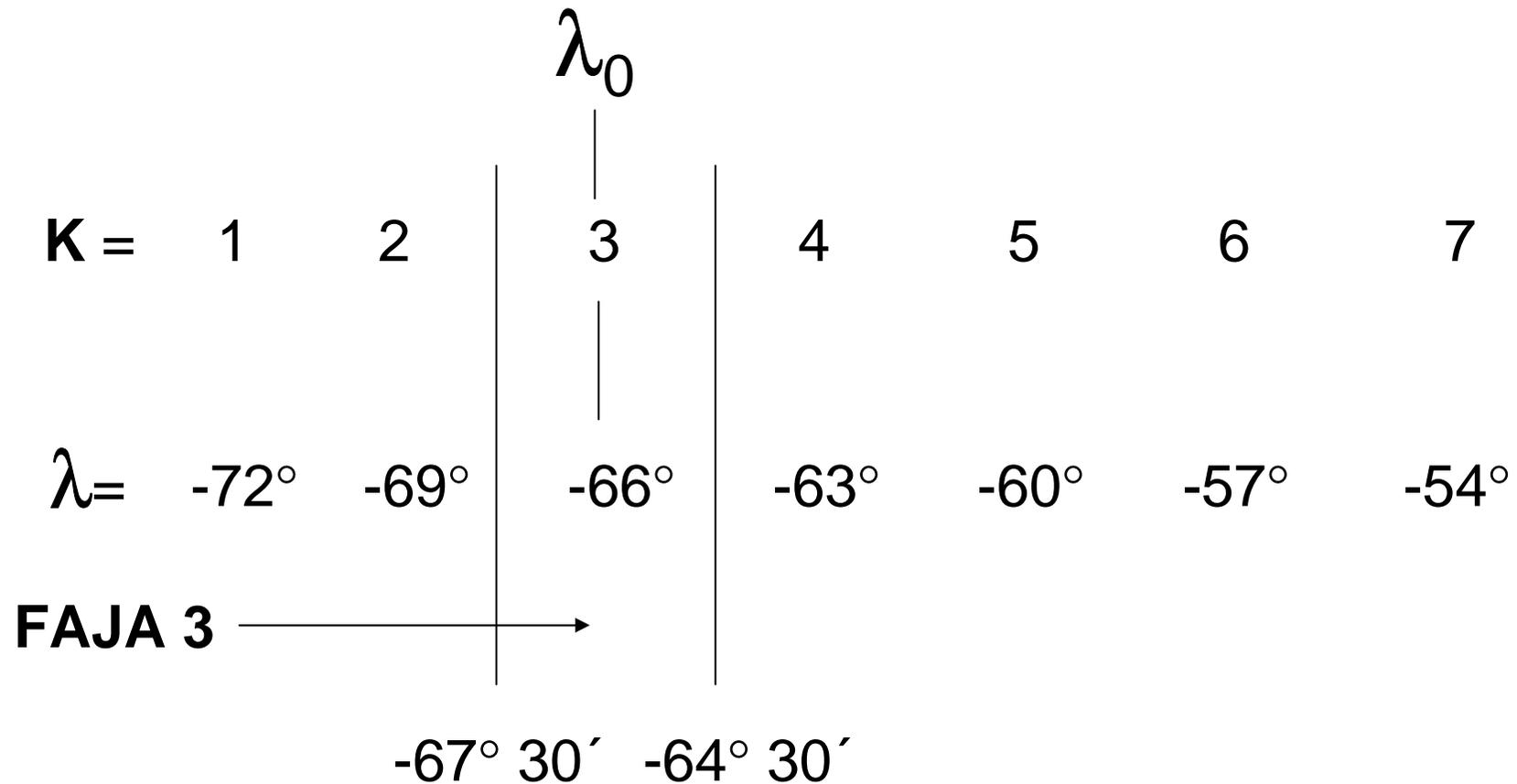
$$Y_0 = K \cdot 10^6 + 500000$$

**K** = CARACTERÍSTICA DE FAJA

$Y'_p$  es positivo al este de  $\lambda_0$  y negativo al oeste de  $\lambda_0$

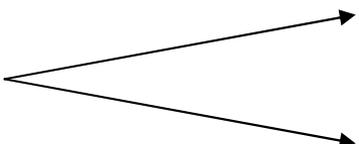
# Proyección GAUSS-KRÜGER

## Meridianos de tangencia



# Proyección GAUSS-KRÜGER

## Deformación lineal

**Distancia plana**  Se calcula por Pitágoras  
Se mide en la carta

**Módulo de Agrandamiento**  $\longrightarrow m = 1 + \frac{Y'^2}{2R^2}$

**Distancia geodésica** =  $\frac{\text{Distancia plana}}{m}$



# Proyección GAUSS-KRÜGER

## Ejemplos de deformación

### Coordenadas geodésicas POSGAR

$\varphi$ : -34 35 00

$\lambda$ : -58 32 00

$\varphi$ : -34 38 00

$\lambda$ : -58 34 00

### Coordenadas planas Gauss- Krüger POSGAR

X: 6172618.729

Y: 5634569.736

X: 6167115.383

Y: 5631432.266

**Distancia plana:** 6334.866 m

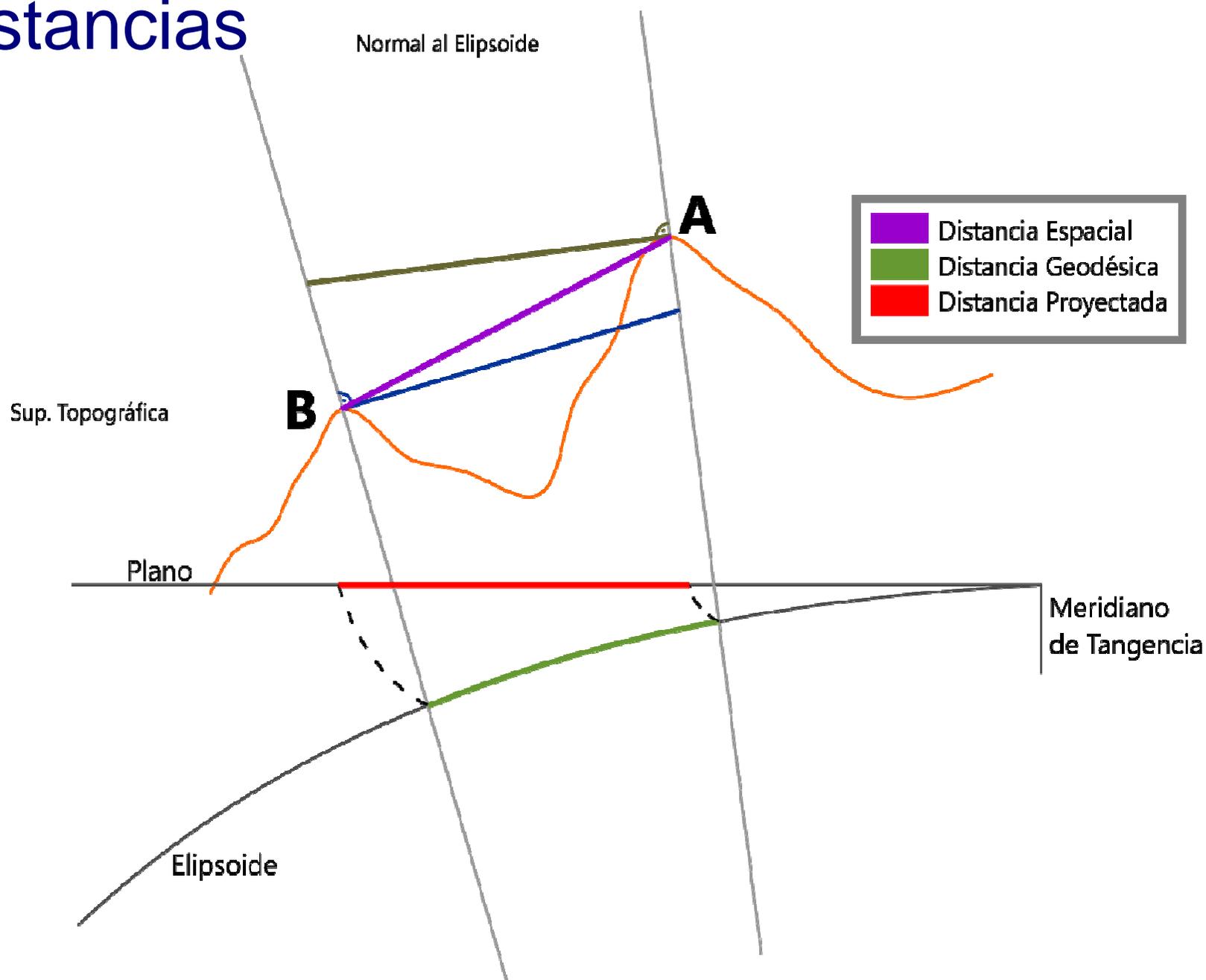
**Distancia geodésica:** 6333.387 m

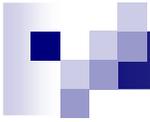
**Diferencia:** 1.479 m

# Cuadro comparativo

Geodésicas	Planas GK	Distancias	Diferencias		Geodésicas	Planas GK	Distancias	Diferencias	Dist. Al MC	Diferencias
-27 30 00	6958931.700				-27 30 00	6958931.700				
-60 00 00	5500000.000				-60 00 00	5500000.000				
-27 32 00	6955237.976	3693.724			-27 30 05	6958777.795	153.905			
-60 00 00	5500000.000	3693.724	0.000		-60 00 00	5500000.000	153.905	0.000		
-27 30 00	6958832.156				-27 30 00	6958832.156				
-59 30 00	5549406.431				-59 30 00	5549406.431				
-27 32 00	6955138.351	3693.724			-27 30 05	6958678.248	153.905		49406.531	
-59 30 00	5549391.538	3693.835	0.111		-59 30 00	5549405.811	153.909	0.004	49370.797	35.734
-27 30 00	6958533.496				-27 30 00	6958533.496				
-59 00 00	5598815.036				-59 00 00	5598815.036				
-27 32 00	6954839.448	3693.724			-27 30 05	6958379.578	153.905		98815.838	
-59 00 00	5598785.246	3694.168	0.444		-59 00 00	5598813.796	153.923	0.018	98741.594	74.244
-27 30 00	6958035.636				-27 30 00	6958035.636				
-58 30 00	5648227.989				-58 30 00	5648227.989				
-27 32 00	6954341.182	3693.724			-27 30 05	6957881.700	153.905		148230.697	
-58 30 00	5648183.293	3694.724	1.000		-58 30 00	5648226.127	153.947	0.042	148112.391	118.306
-27 30 00	6957338.431				-27 30 00	6957338.431				
-58 00 00	5697647.463				-58 00 00	5697647.463				
-27 32 00	6953643.408	3693.724			-27 30 05	6957184.472	153.905		197653.885	
-58 00 00	5697587.848	3695.504	1.780		-58 00 00	5697644.980	153.979	0.074	197483.189	170.696

# Distancias





¿Cuál es la correcta?

# Distancias espacial, geodésica y proyectada

COORDENADAS GEODÉSICAS							
	Latitud			Longitud			h
<b>IGM1</b>	-34	34	20.07733	-58	26	21.54958	50.694
<b>MA02</b>	-34	36	25.28333	-58	23	38.71695	59.656
<b>LPGS</b>	-34	54	24.28241	-57	55	56.27834	29.875

COORDENADAS PLANAS (Faja 6)	
N [m]	E [m]
6173885.202	6367922.086
6170084.854	6372126.306
6137321.788	6414794.329

COORDENADAS GEOCENTRICAS		
X [m]	Y [m]	Z [m]
2751804.044	-4479879.309	-3598922.511
2754195.750	-4475846.413	-3602103.840
2780103.004	-4437418.936	-3629404.502

DISTANCIAS [m]	IGM1-MA02	IGM1-LPGS
<b>ESPACIAL</b>	5666.16	59437.92
<b>GEODÉSICA</b>	5666.10	59437.76
<b>PROYECTADA</b>	5667.28	59446.53



# Parámetros para una transformación de coordenadas

- Sistema de Referencia o Datum (POSGAR, Campo Inchauspe, etc.)
- Proyección (Cilíndrica Transversa)
- Latitud de origen de la proyección
- Longitud de origen de la proyección
- Falso norte o valor asignado a la latitud de origen
- Falso este o valor asignado a la longitud de origen
- Factor de escala del meridiano central

# Proyección Gauss-Krüger Faja Local

Coordinate system definitions

Group: CFC-FADA-IGN

System: Campo\_1

Datum: WGS84

Linear Unit: METERS

Projection: Transverse Mercator/Gauss-Kruger

Origin Latitude: S 34 25 00.00

Origin Longitude: W 58 32 00.00

False Northing (m): 10000.00000

False Easting (m): 50000.00000

Scale Factor: 1.00000000

EPSP Code:

Buttons: OK, Cancel, New Group, Remove Group, Preview..., Save, New System..., Remove System

# Proyección Gauss-Krüger Faja 5 Vs. Faja Local

COORDENADAS GEODÉSICAS					
	Latitud		Longitud		h
PA01	-34 25	0.00000	-58 32	0.00000	0.000
PA02	-34 24	3.78810	-58 31	20.84760	0.000

<b>DIST. GEODESICA</b>	2000.00
------------------------	---------

COORDENADAS PLANAS (Faja 5)	
N [m]	E [m]
6191109.493	5634837.891
6192827.283	5635863.075

<b>PROYECTADA (GK F5)</b>	2000.45
---------------------------	---------

Módulos de Agrandamiento	
	Promedio
1.000223983	1.00022569
1.000227402	

COORDENADAS PLANAS (Faja Local)	
N [m]	E [m]
10000.000	50000.000
11732.050	51000.000

<b>PROYECTADA (LOCAL)</b>	2000.00
---------------------------	---------

# Proyección Gauss-Krüger Faja 5 Vs. Faja Local Resumen

COORDENADAS GEODÉSICAS							
	Latitud			Longitud			h
PA01	-34	25	0.00000	-58	32	0.00000	0.000
PA02	-34	24	3.78810	-58	31	20.84760	0.000

COORDENADAS PLANAS (Faja 5)	
N [m]	E [m]
6191109.493	5634837.891
6192827.283	5635863.075

COORDENADAS PLANAS (Faja Local)	
N [m]	E [m]
10000.000	50000.000
11732.050	51000.000

DISTANCIAS [m]	
GEODESICA	2000.00
PROYECTADA (GK F5)	2000.45
PROYECTADA (LOCAL)	2000.00

# Proyección Gauss-Krüger

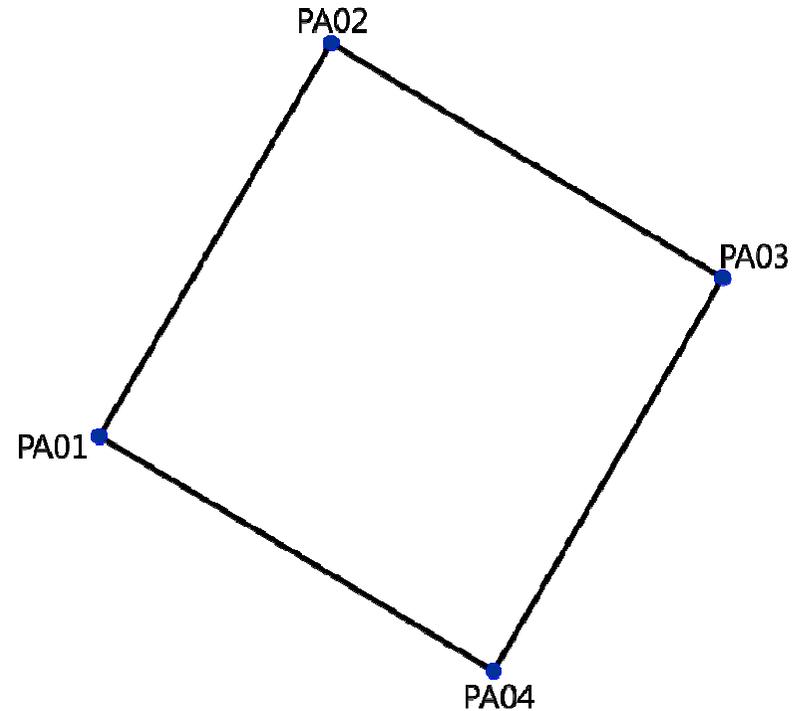
## Faja 5 Vs. Faja Local

PA01	Coordenadas Geodésicas	Coordenadas GK Faja 5	Coordenadas Faja Local
	-34° 25' 00"	6191109.493	10000.00
	-58° 32' 00"	5634837.891	50000.00

PA02	Coordenadas Geodésicas	Coordenadas GK Faja 5	Coordenadas Faja Local
	-34 22 39.4634	6195403.992	14330.128
	-58 30 22.1462	5637400.841	52500.001

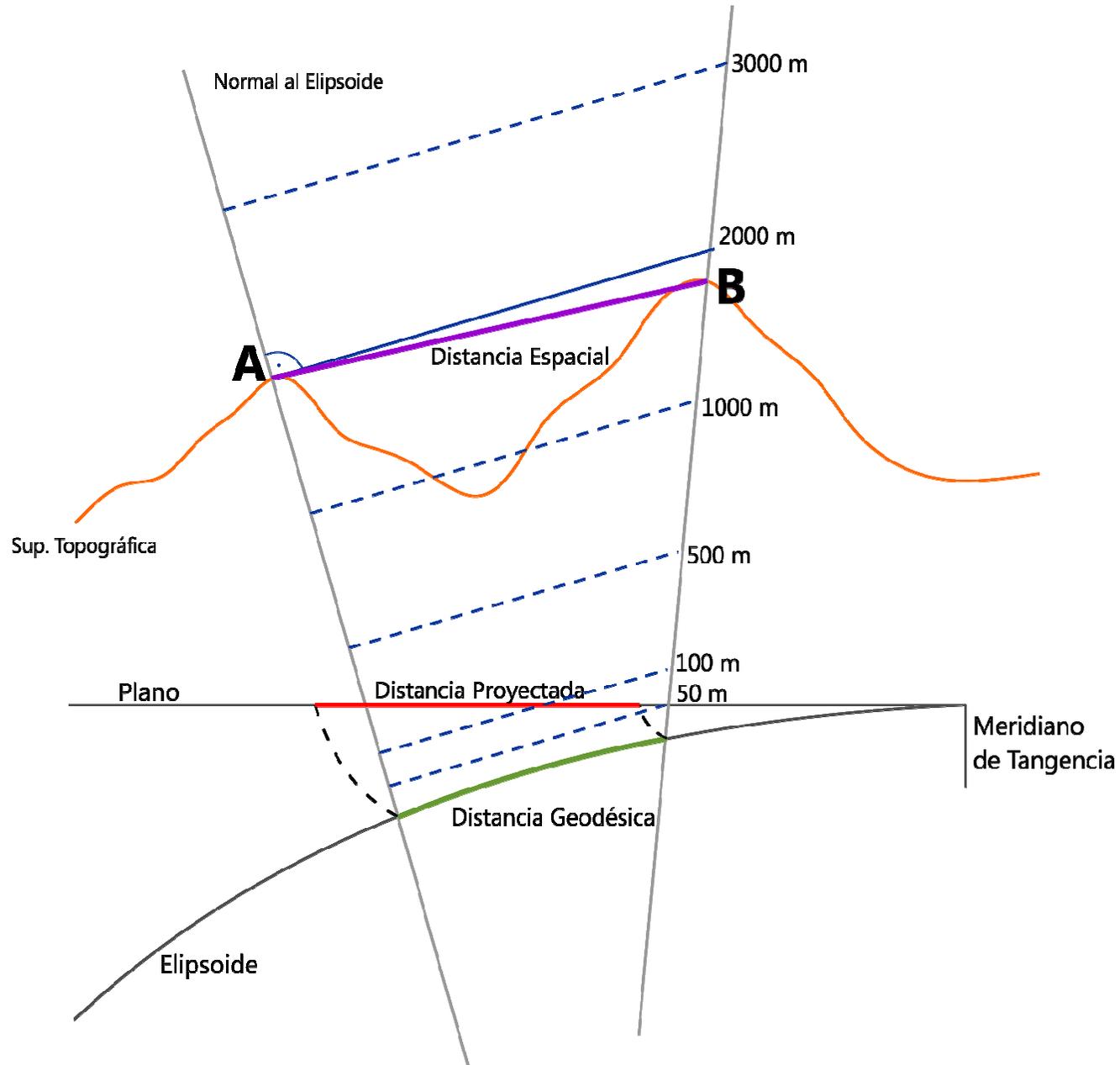
PA03	Coordenadas Geodésicas	Coordenadas GK Faja 5	Coordenadas Faja Local
	-34 24 00.5258	6192841.024	11830.1277
	-58 27 32.5869	5641695.395	56830.1278

PA04	Coordenadas Geodésicas	Coordenadas GK Faja 5	Coordenadas Faja Local
	-34 26 21.0995	6188546.487	7499.9997
	-58 29 10.3881	5639132.371	54330.1268



DISTANCIAS PLANAS [m]		
	Faja 5	Local
PA01-PA02	5001.14	5000.00
PA02-PA03	5001.20	5000.00
PA03-PA04	5001.21	5000.00
PA04-PA01	5001.16	5000.00

# Medición de Distancias en Altura



# Medición de Distancias en Altura

<b>PTO1</b>	Lat	-34° 02' 00"	X	2801292.43	<table border="1"> <tr> <td>Distancia Espacial</td> <td>4811.497</td> </tr> <tr> <td>Distancia Geodésica</td> <td>4811.497</td> </tr> <tr> <td>Diferencia</td> <td><b>0.000</b></td> </tr> </table>	Distancia Espacial	4811.497	Distancia Geodésica	4811.497	Diferencia	<b>0.000</b>
	Distancia Espacial	4811.497									
	Distancia Geodésica	4811.497									
Diferencia	<b>0.000</b>										
Long	-58° 02' 00"	Y	-4488813.98								
Alt	0	Z	-3549511.27								
<b>PTO2</b>	Lat	-34° 00' 00"	X	2804999.56							
	Long	-58° 00' 00"	Y	-4488937.65							
	Alt	0	Z	-3546446.56							

<b>PTO1</b>	Lat	-34° 00' 00"	X	2805438.89	<table border="1"> <tr> <td>Distancia Espacial</td> <td>4812.253</td> </tr> <tr> <td>Distancia Geodésica</td> <td>4811.497</td> </tr> <tr> <td>Diferencia</td> <td><b>0.755</b></td> </tr> </table>	Distancia Espacial	4812.253	Distancia Geodésica	4811.497	Diferencia	<b>0.755</b>
	Distancia Espacial	4812.253									
	Distancia Geodésica	4811.497									
Diferencia	<b>0.755</b>										
Long	-58° 00' 00"	Y	-4489640.72								
Alt	1000	Z	-3547005.76								
<b>PTO2</b>	Lat	-34° 02' 00"	X	2801731.17							
	Long	-58° 02' 00"	Y	-4489517.03							
	Alt	1000	Z	-3550070.94							

<b>PTO1</b>	Lat	-34° 00' 00"	X	2806317.53	<table border="1"> <tr> <td>Distancia Espacial</td> <td>4813.764</td> </tr> <tr> <td>Distancia Geodésica</td> <td>4811.497</td> </tr> <tr> <td>Diferencia</td> <td><b>2.267</b></td> </tr> </table>	Distancia Espacial	4813.764	Distancia Geodésica	4811.497	Diferencia	<b>2.267</b>
	Distancia Espacial	4813.764									
	Distancia Geodésica	4811.497									
Diferencia	<b>2.267</b>										
Long	-58° 00' 00"	Y	-4491046.85								
Alt	3000	Z	-3548124.14								
<b>PTO2</b>	Lat	-34° 02' 00"	X	2802608.66							
	Long	-58° 02' 00"	Y	-4490923.11							
	Alt	3000	Z	-3551190.29							

# Medición de Distancias en Altura

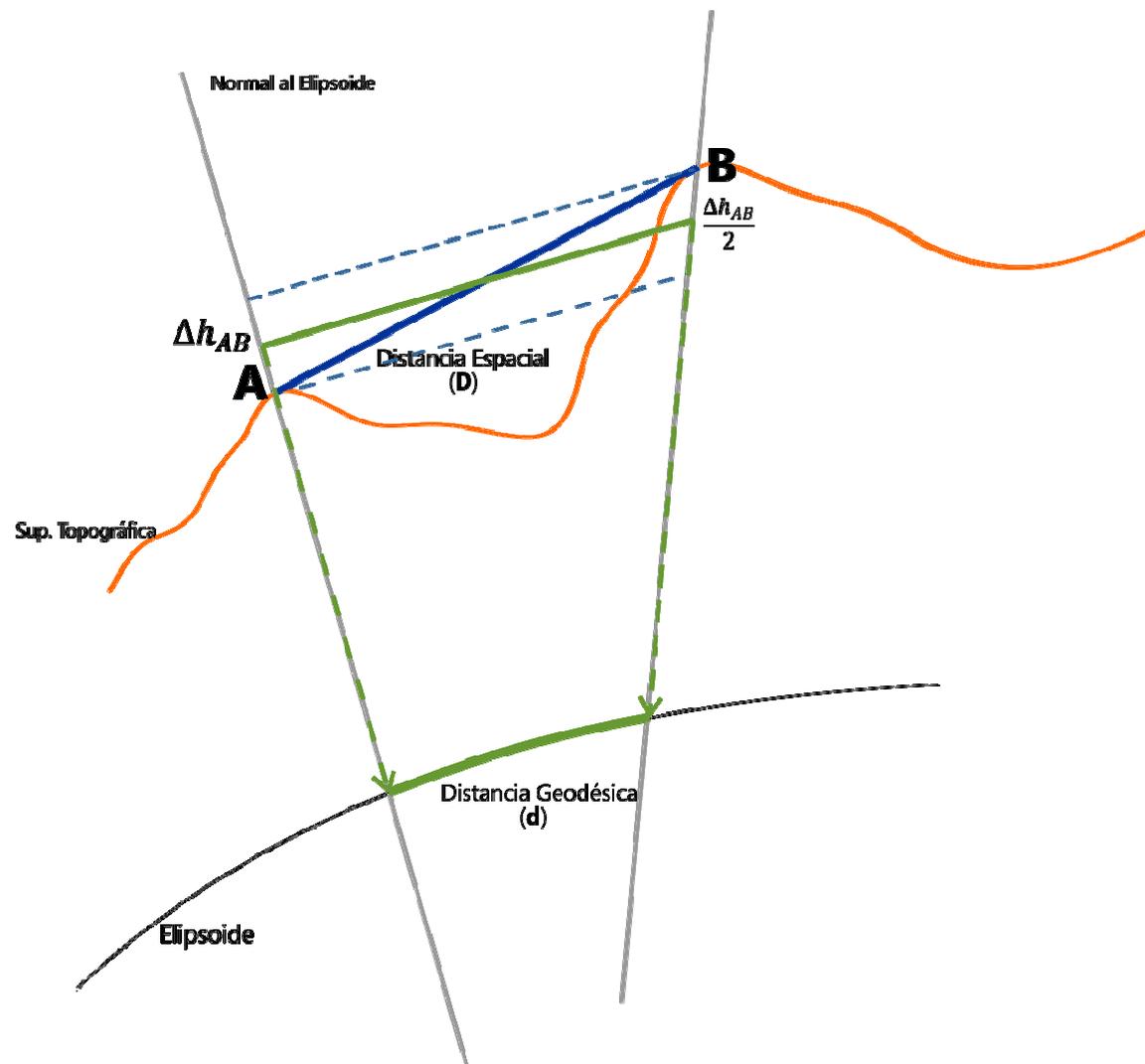
	COORDENADAS GEODÉSICAS						
	Latitud			Longitud			h
AUX8	-22	41	44.51716	-66	29	38.85126	4166.149
AUX9	-22	41	27.36018	-66	32	15.15080	4498.208

COORDENADAS GEOCÉNTRICAS			COORDENADAS PLANAS (Faja 3)	
X [m]	Y [m]	Z [m]	N [m]	E [m]
2349599.394	-5402193.869	-2447272.014	7491554.807	3444764.600
2345708.241	-5404440.681	-2446912.881	7491042.521	3449227.727

DISTANCIAS [m]	
GEODESICA (AUX8-AUX9)	4492.275
GEODESICA (AUX9-AUX8)	4492.275
ESPACIAL	4507.573
PLANA GK (Faja 3)	4492.431
TOPOGRÁFICA (AUX8-AUX9)	4495.325
ESPACIAL CORREGIDA	4492.274

?

# Altura Espacial Corregida



# Altura Espacial Corregida

$$d = \left( \frac{D}{1 + \frac{h_1 + h_2}{2 \cdot \sqrt{M_A \cdot N_A}}} \right) \cdot \sqrt{1 - \left( \frac{\Delta h_{AB}}{D} \right)^2 - \left( \frac{\Delta h_{AB}}{2 \cdot \sqrt{M_A \cdot N_A}} \right)^2}$$

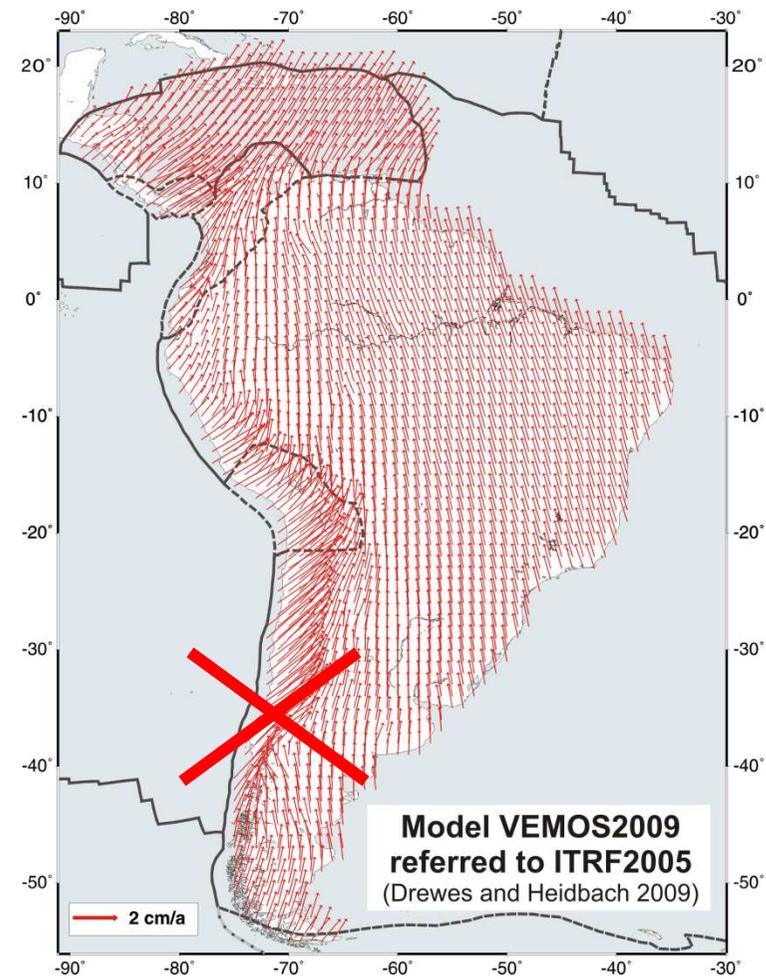
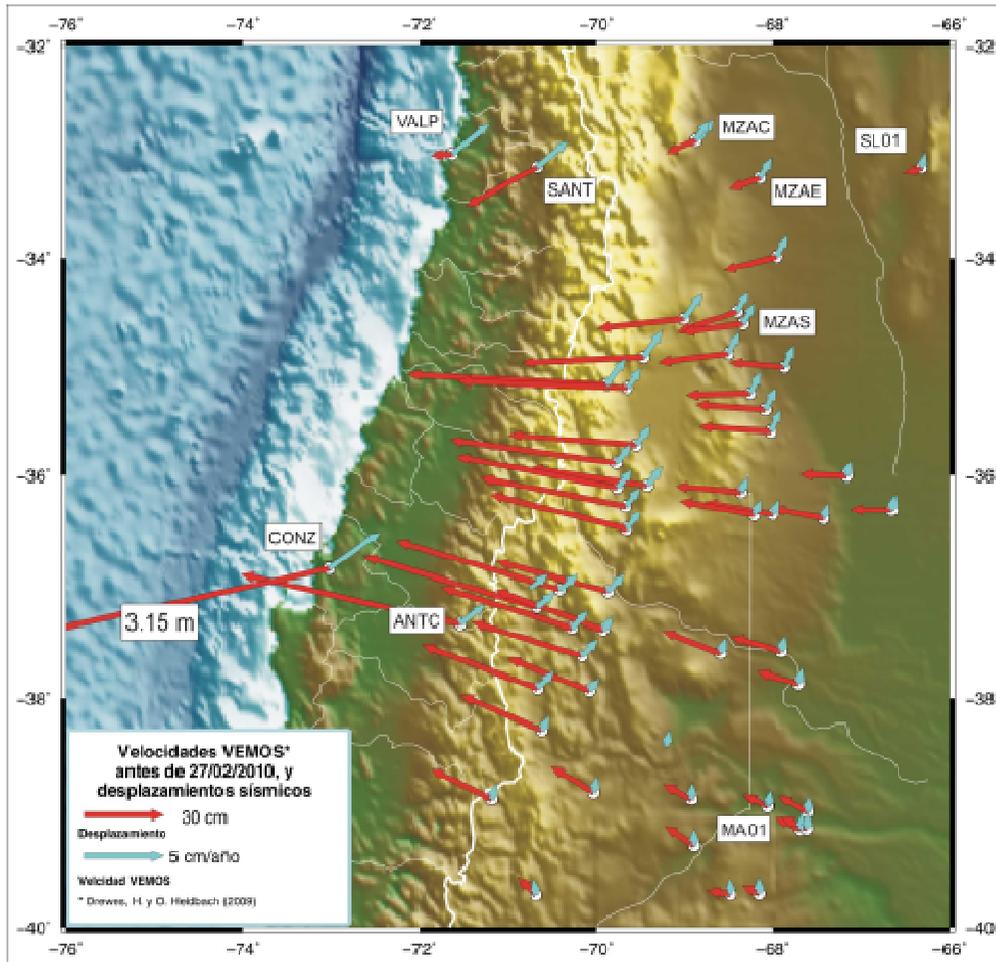


# Consideraciones sobre medición de vectores GPS

# El Terremoto de Chile y sus Consecuencias Geodésicas en Argentina

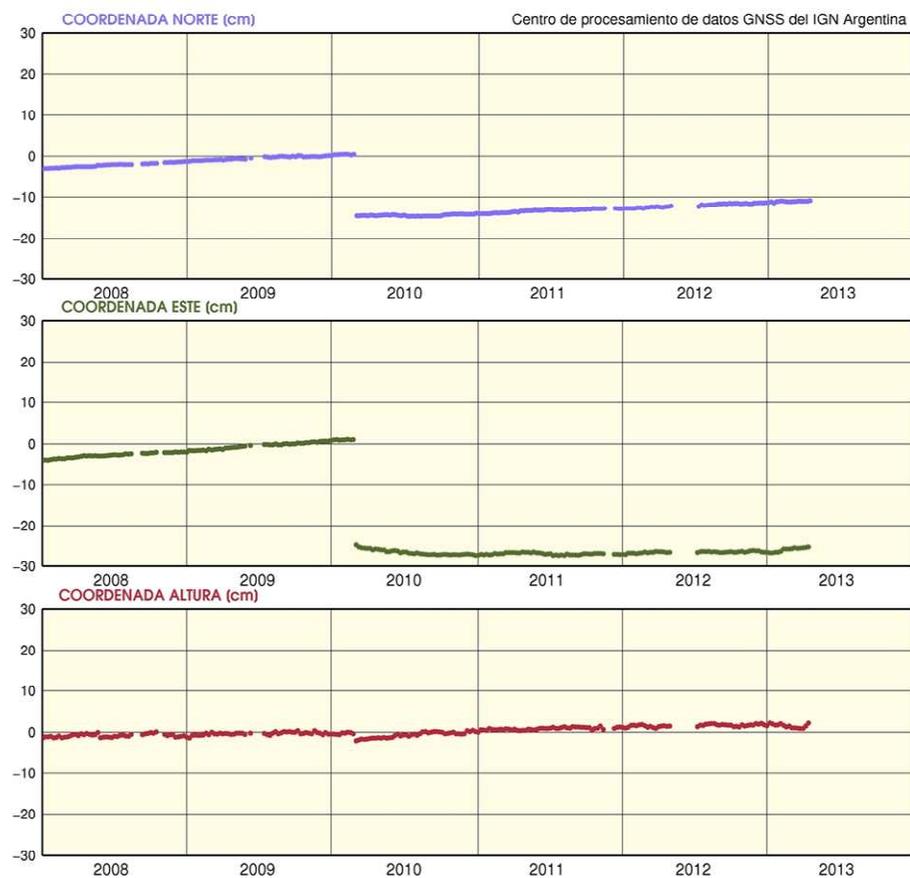
Estación GPS	Ciudad / Localidad	Desplazamiento [m]
<b>CONZ</b>	CONCEPCIÓN (Chile)	3.06
<b>SANT</b>	SANTIAGO (Chile)	0.30
<b>MZAS</b>	SAN RAFAEL (Mendoza - Argentina)	0.22
<b>MZAC</b>	MENDOZA (Mendoza - Argentina)	0.12
<b>MZAE</b>	SANTA ROSA (Mendoza - Argentina)	0.12
<b>MA01</b>	NEUQUÉN (Neuquén - Argentina)	0.09
<b>VALP</b>	VALPARAISO (Valparaíso - Chile)	0.08
<b>LHCL</b>	LIHUÉ CALEL (La Pampa - Argentina)	0.07
<b>SRLP</b>	SANTA ROSA (La Pampa - Argentina)	0.06
<b>CSJ1</b>	VILLA MEDIA AGUA (San Juan - Argentina)	0.05
<b>CSLO</b>	COMPLEJO ASTRONÓMICO EL LEONCITO (San Juan - Argentina)	0.05
<b>UNSJ</b>	SAN JUAN (San Juan - Argentina)	0.04
<b>CFAG</b>	CAUCETE (San Juan - Argentina)	0.04
<b>VBCA</b>	BAHÍA BLANCA - (Buenos Aires - Argentina)	0.03
<b>UCOR</b>	CÓRDOBA (Córdoba - Argentina)	0.03
<b>AZUL</b>	AZUL (Buenos Aires - Argentina)	0.03
<b>UNRO</b>	ROSARIO (Santa Fe - Argentina)	0.03
<b>IGM1</b>	BUENOS AIRES (Buenos Aires - Argentina)	0.02
<b>LPGS</b>	LA PLATA (Buenos Aires - Argentina)	0.02
<b>BCAR</b>	BALCARCE (Buenos Aires - Argentina)	0.02

# El Terremoto de Chile y sus Consecuencias Geodésicas en Argentina

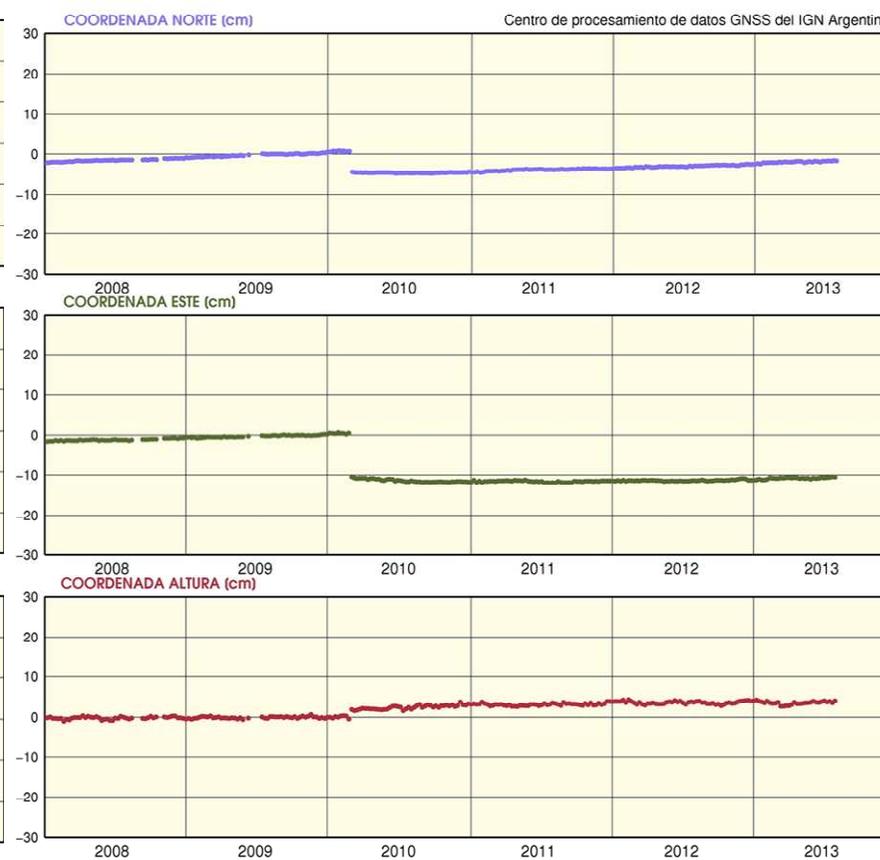


# Desplazamientos y deformaciones de la corteza: Situación posterior al sismo

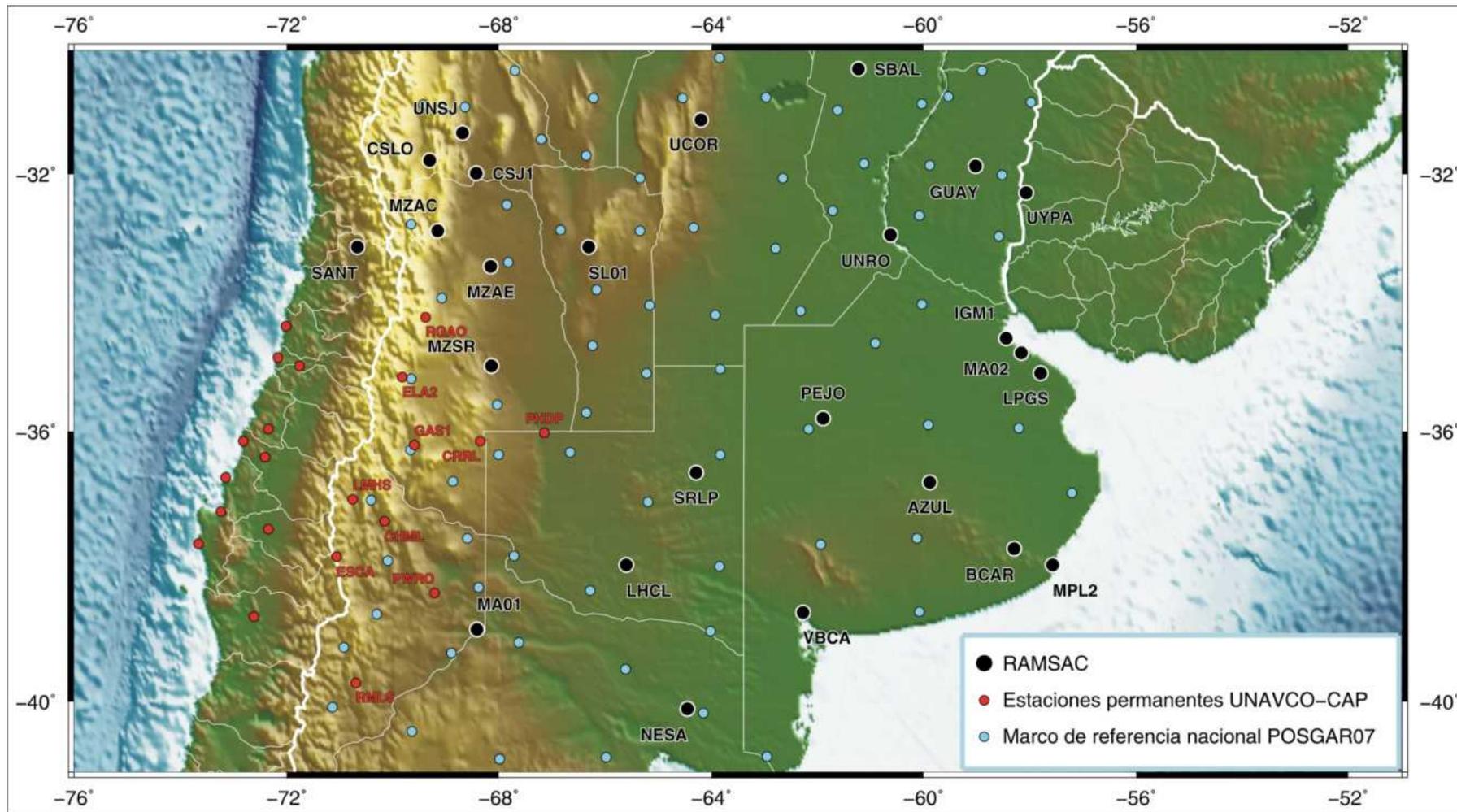
**Estación SANT**  
Santiago de Chile, Chile



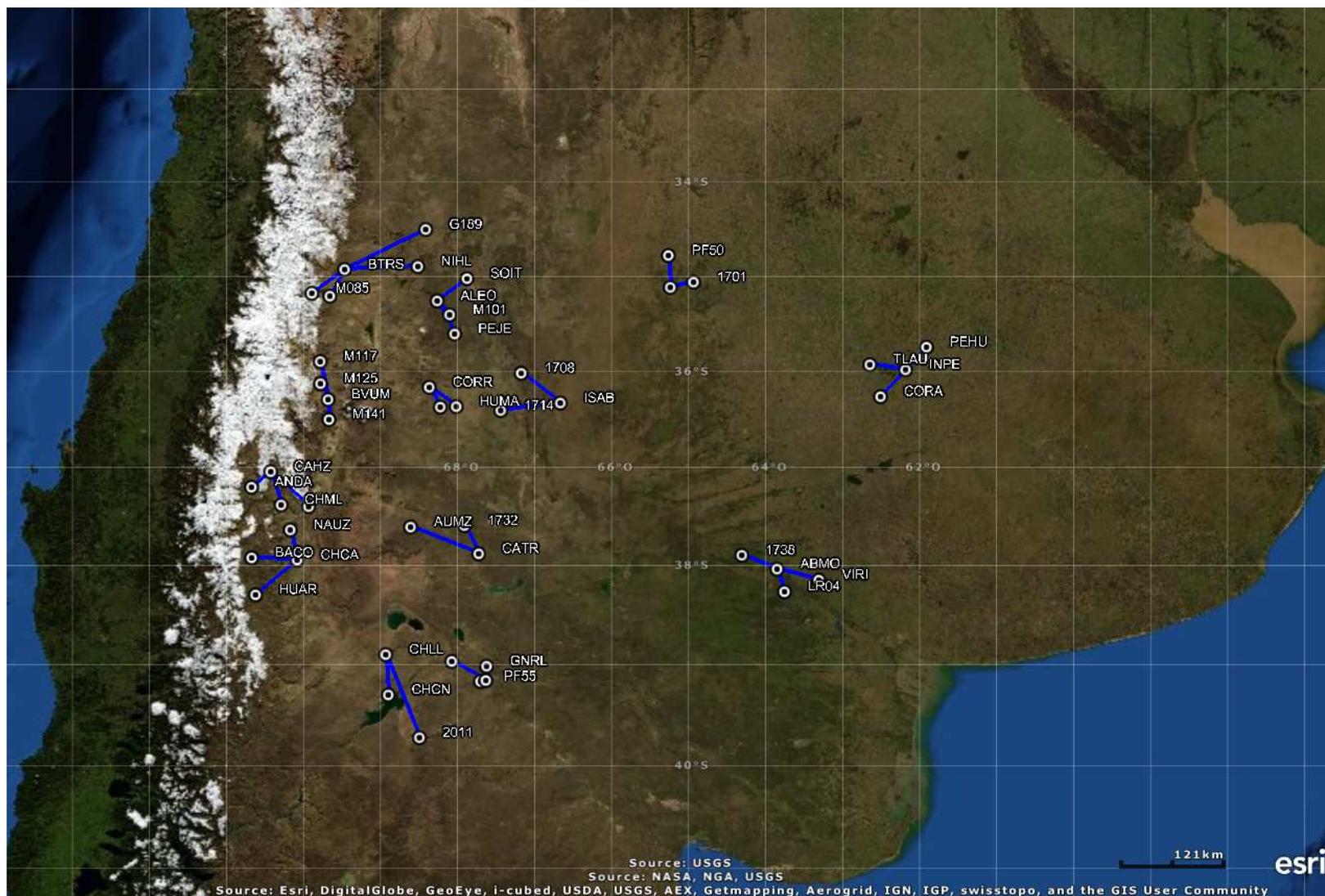
**Estación MZAC**  
Mendoza, Mendoza



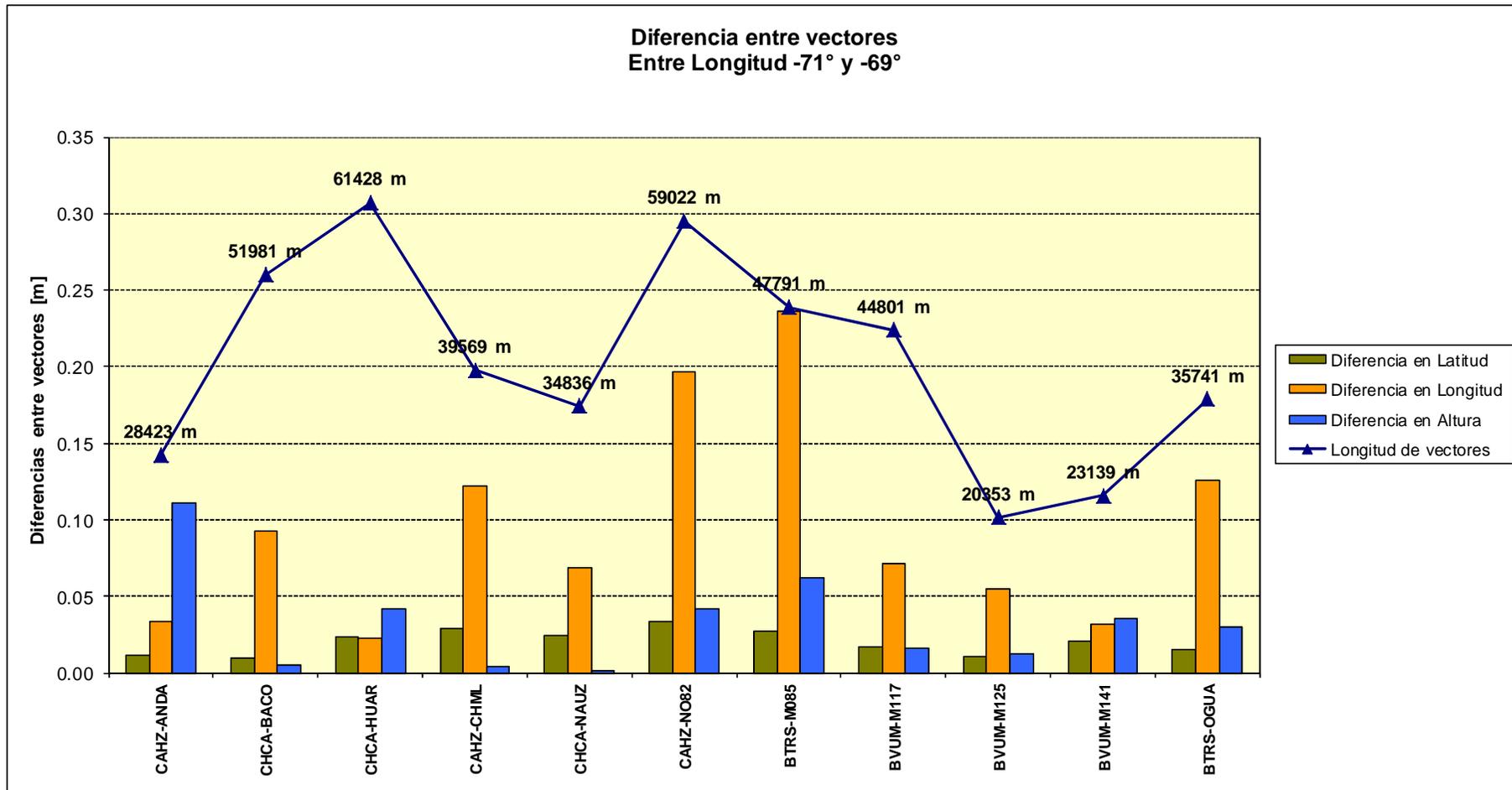
# Análisis del Marco POSGAR 07 luego del sismo



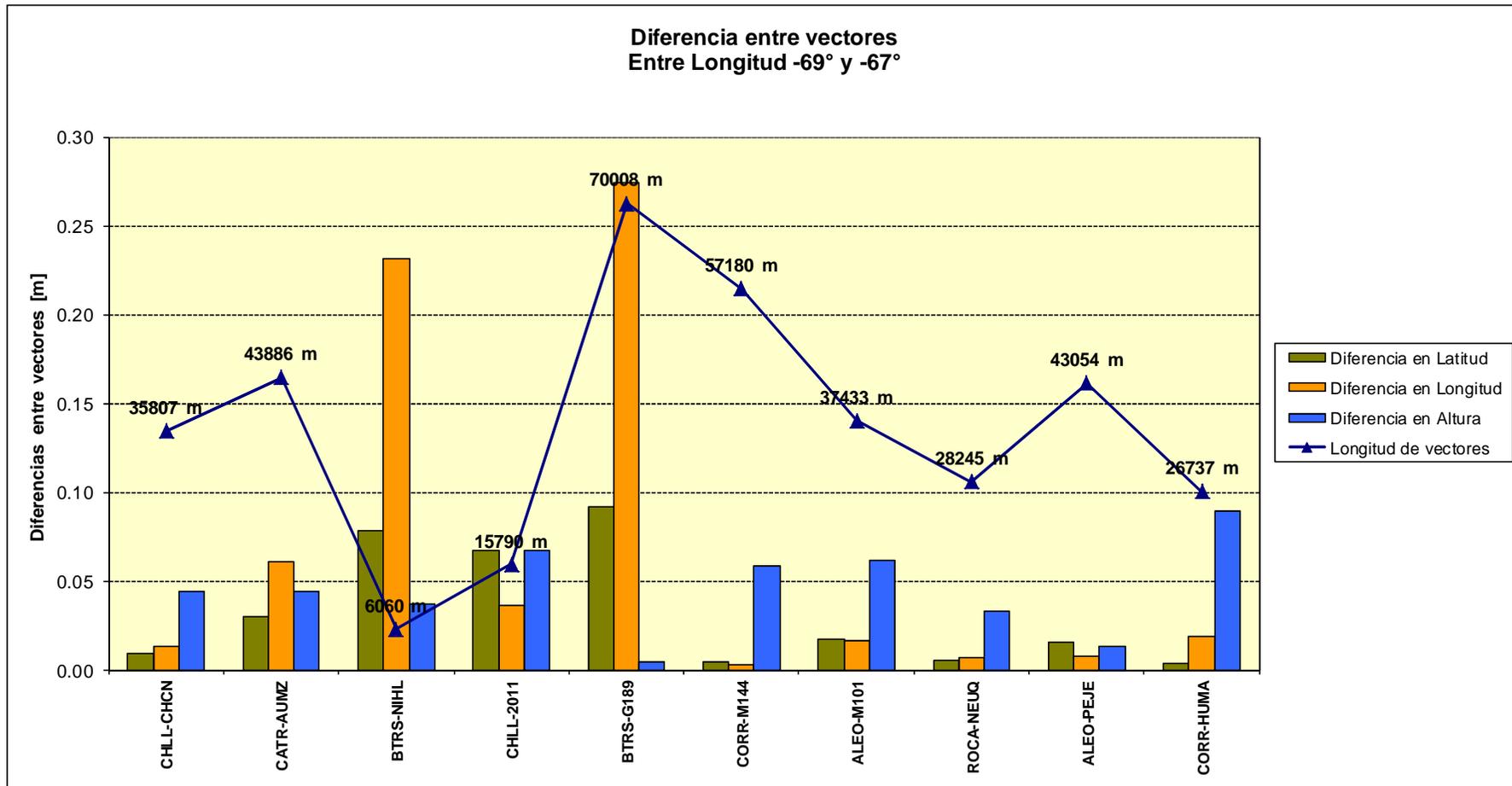
# Análisis del Marco POSGAR 07 luego del sismo.



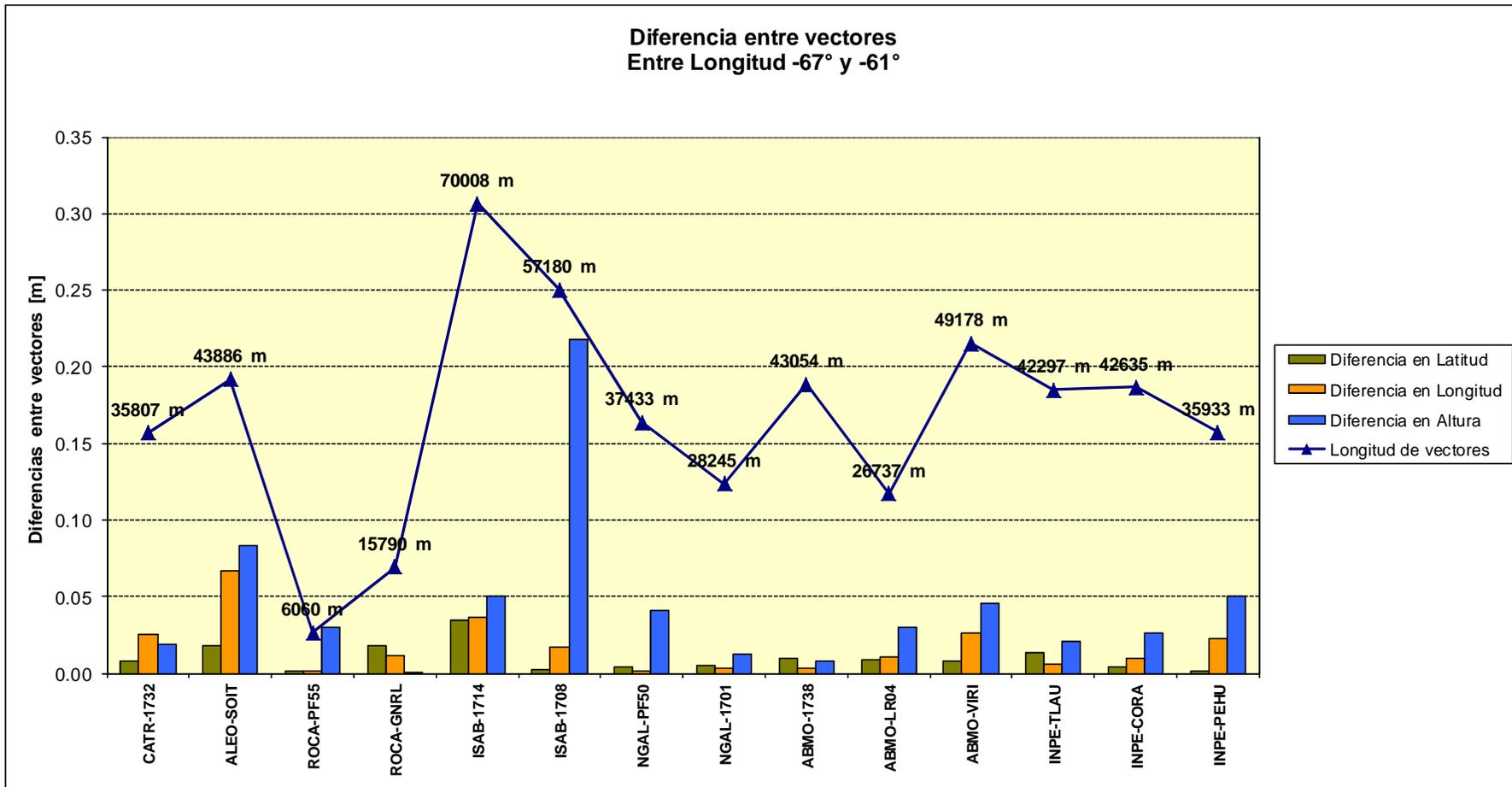
# Análisis del Marco POSGAR 07 luego del sismo.



# Análisis del Marco POSGAR 07 luego del sismo.



# Análisis del Marco POSGAR 07 luego del sismo.





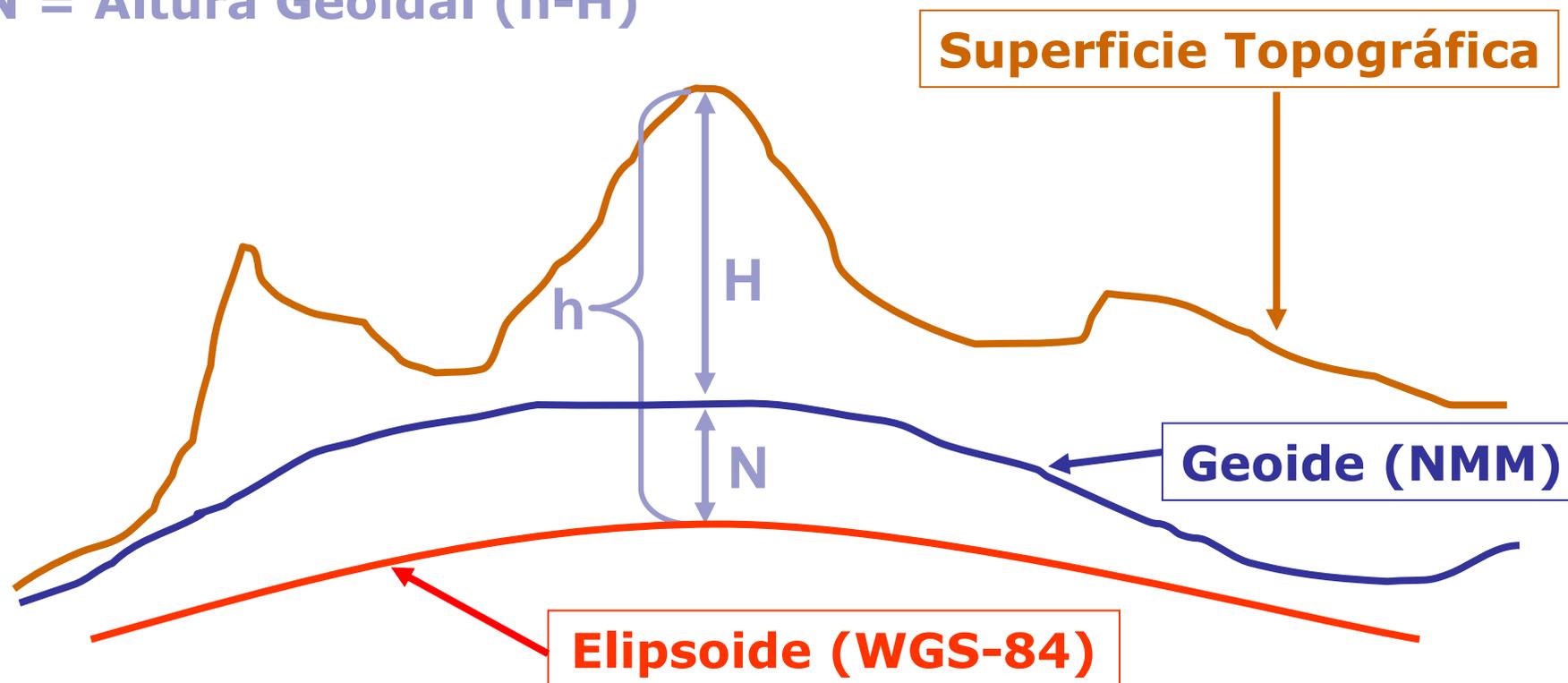
# ¿Nivelación GPS ?

# SISTEMA DE REFERENCIA ALTIMÉTRICO

H = Altura Ortométrica (NMM) Cota

h = Altura Elipsoidal

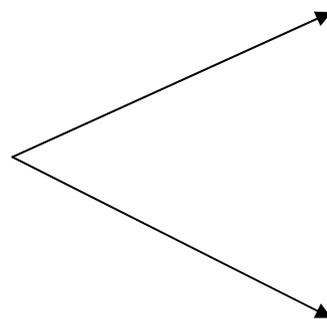
N = Altura Geoidal (h-H)





# **SUPERFICIES DE REFERENCIA ALTIMÉTRICAS**

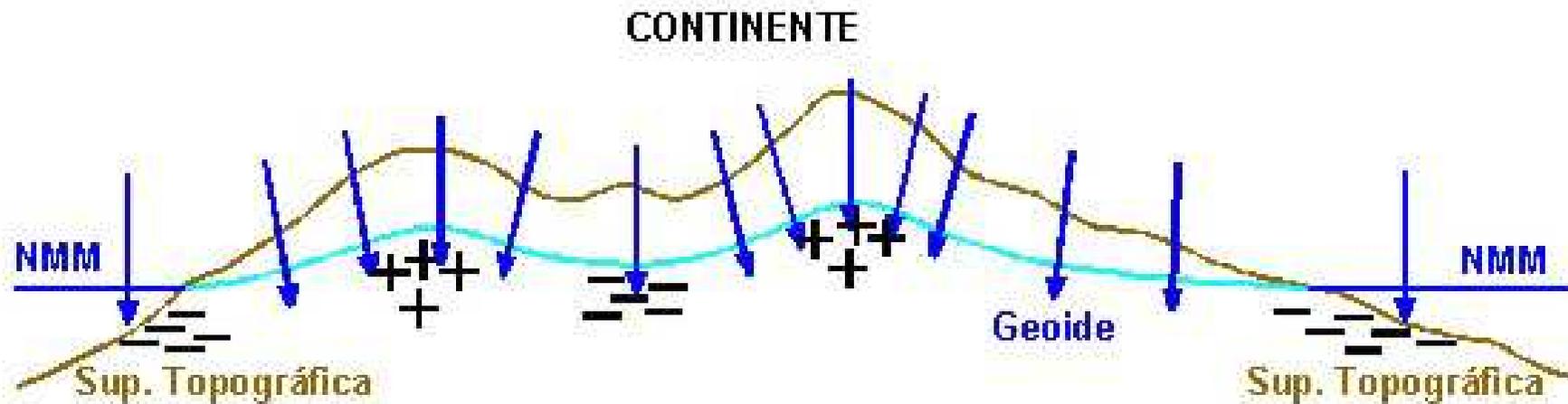
**SUPERFICIES DE  
REFERENCIA  
ALTIMÉTRICA**



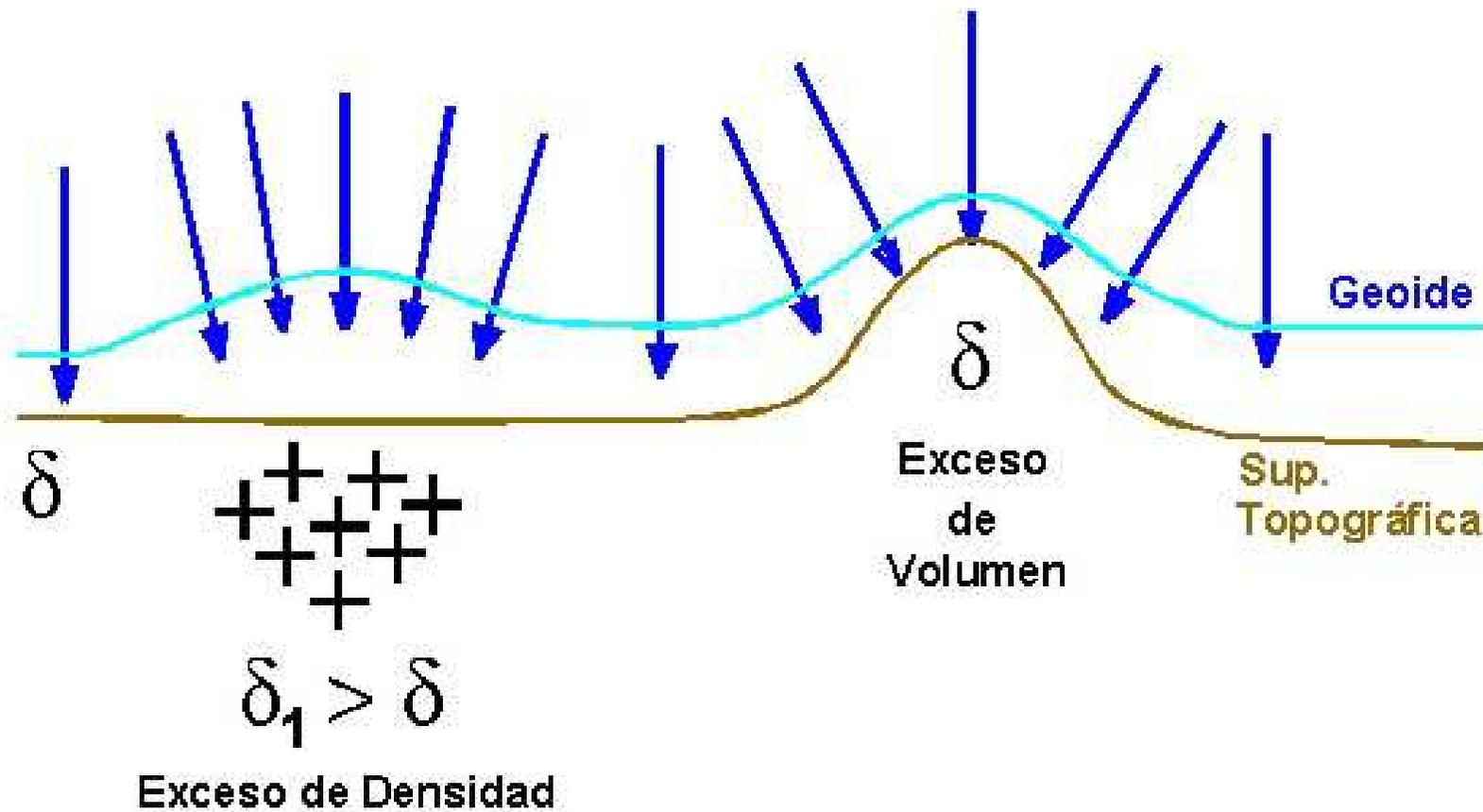
**GEOIDE (Cotas)**

**ELIPSOIDE (Alturas)**

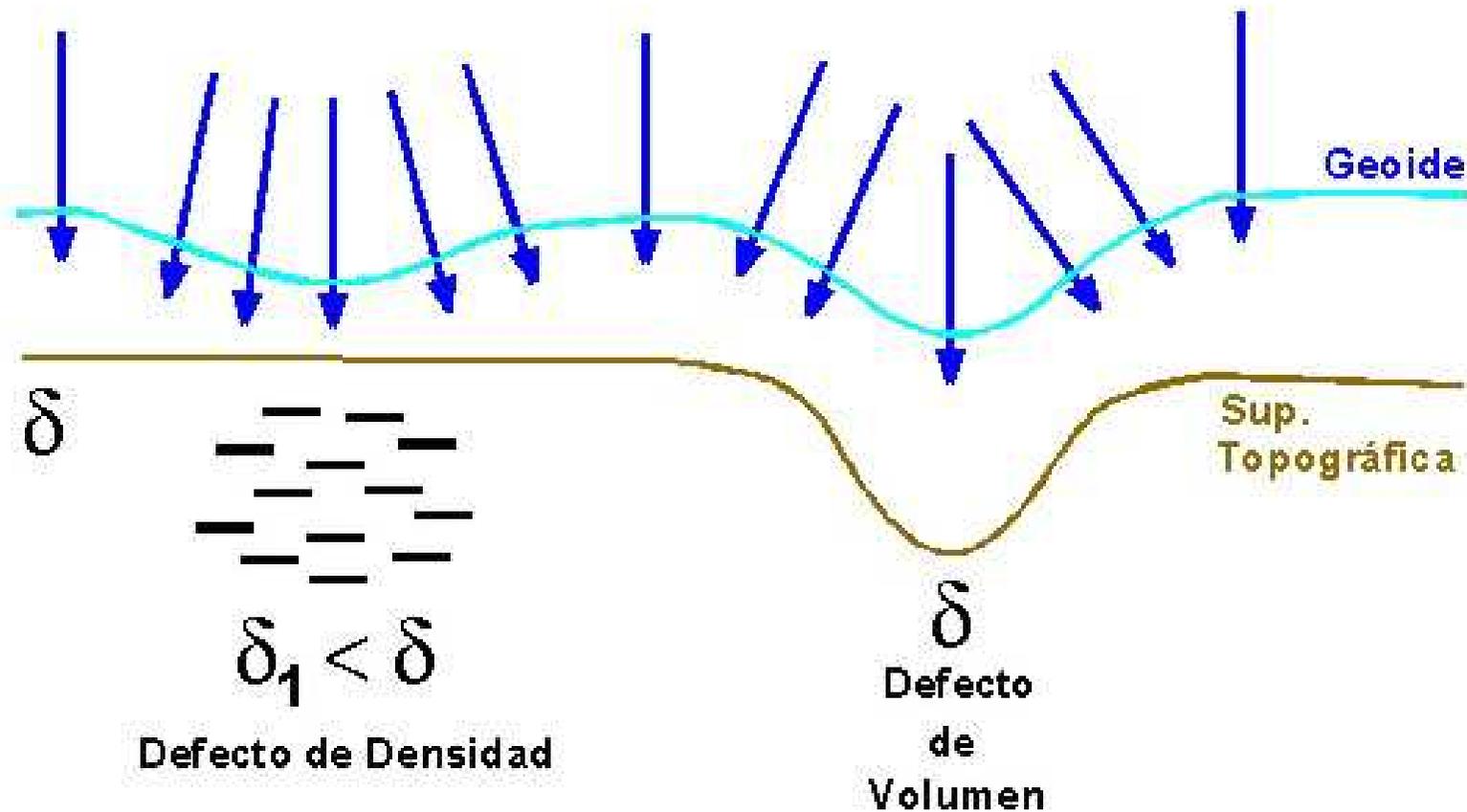
# SUPERFICIE TOPOGRÁFICA Y GEOIDE



# VERTICAL DEL LUGAR

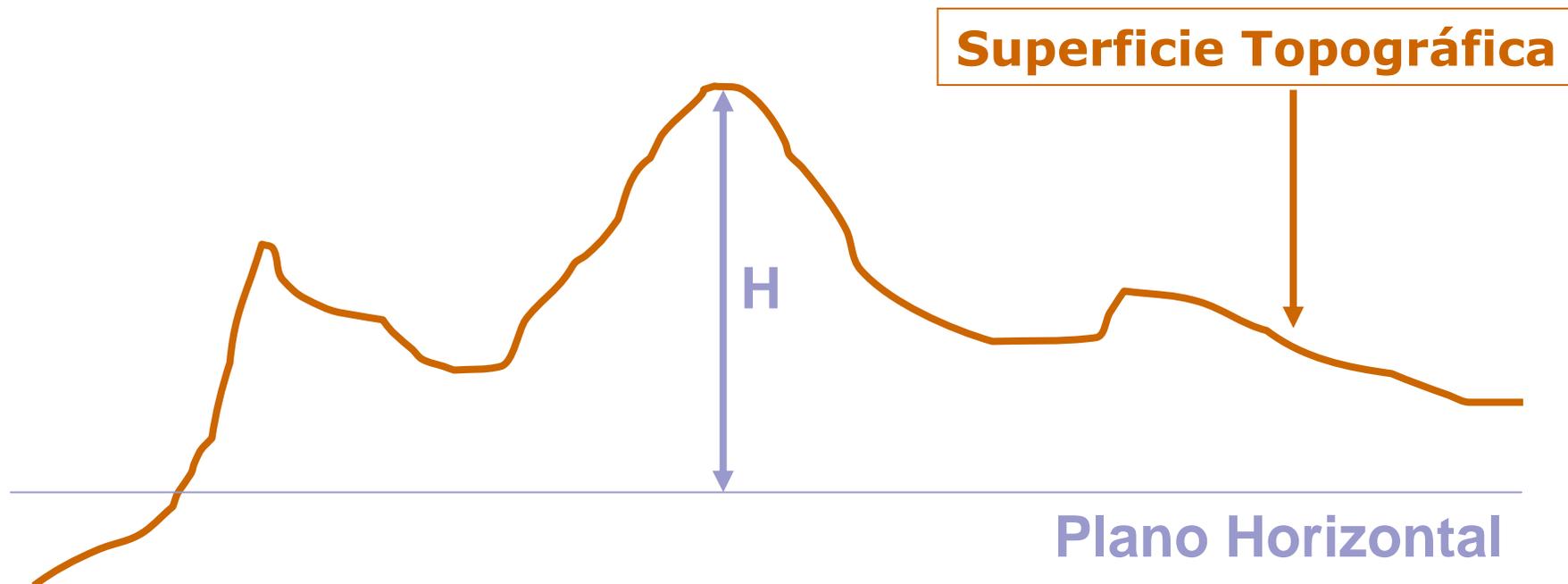


# VERTICAL DEL LUGAR

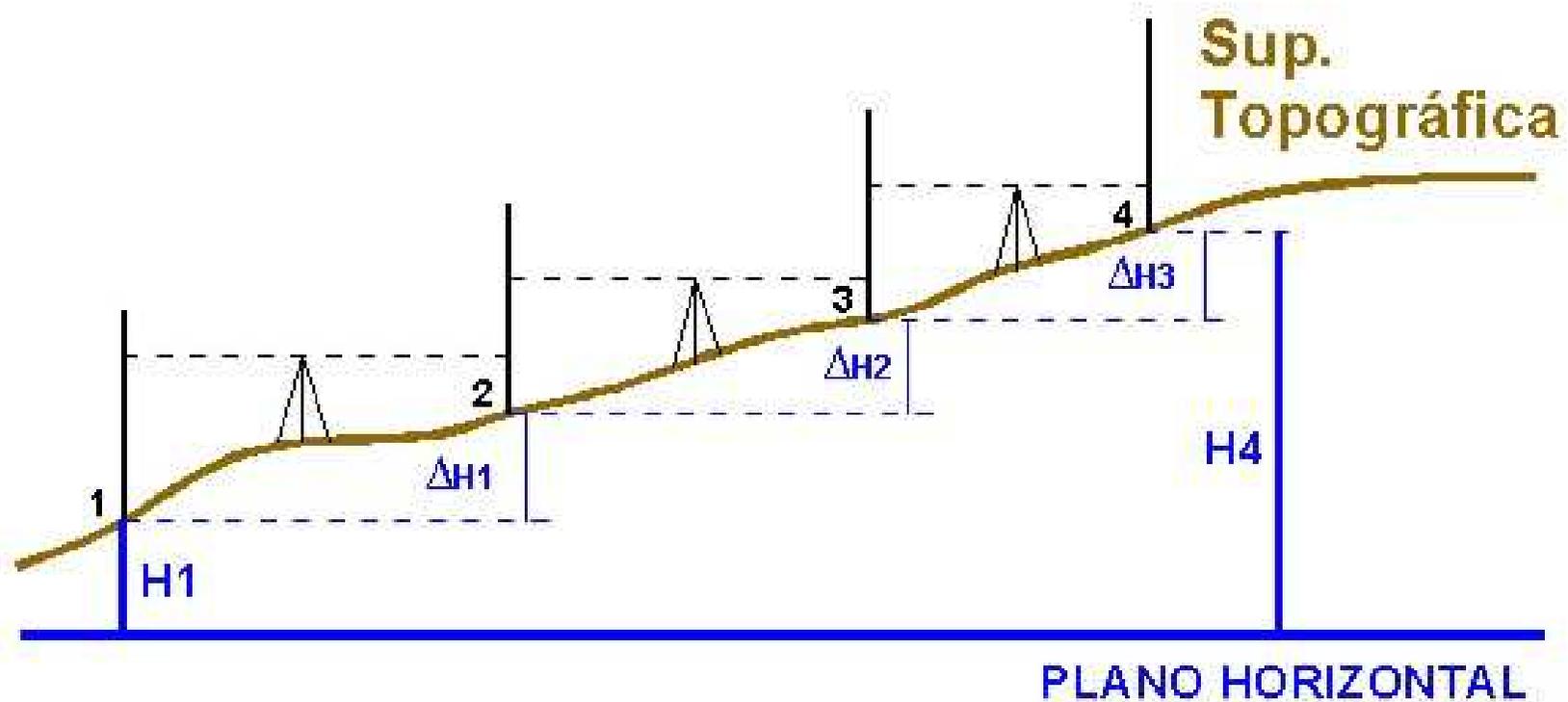


# ALTURA GEOMÉTRICA

H = Altura Geométrica (NMM) Cota

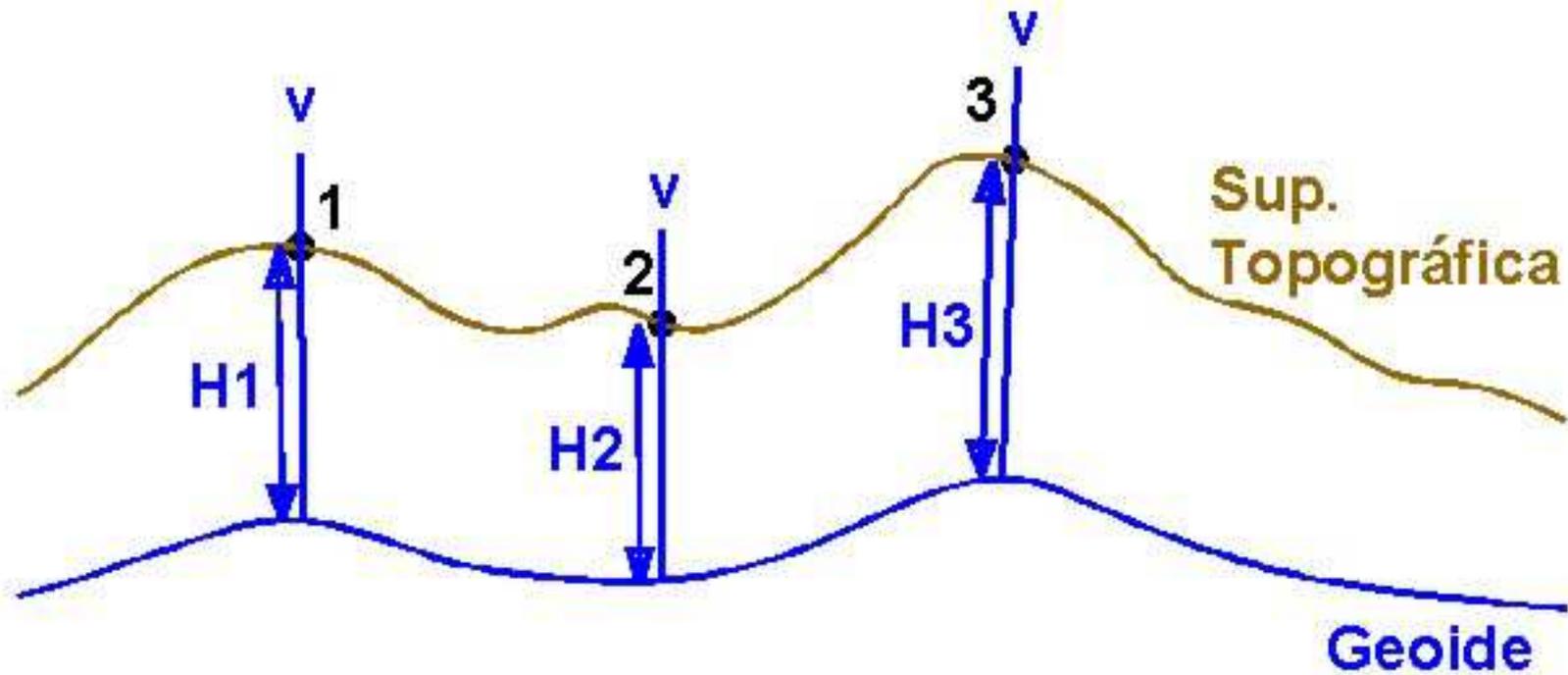


# DESNIVEL GEOMÉTRICO

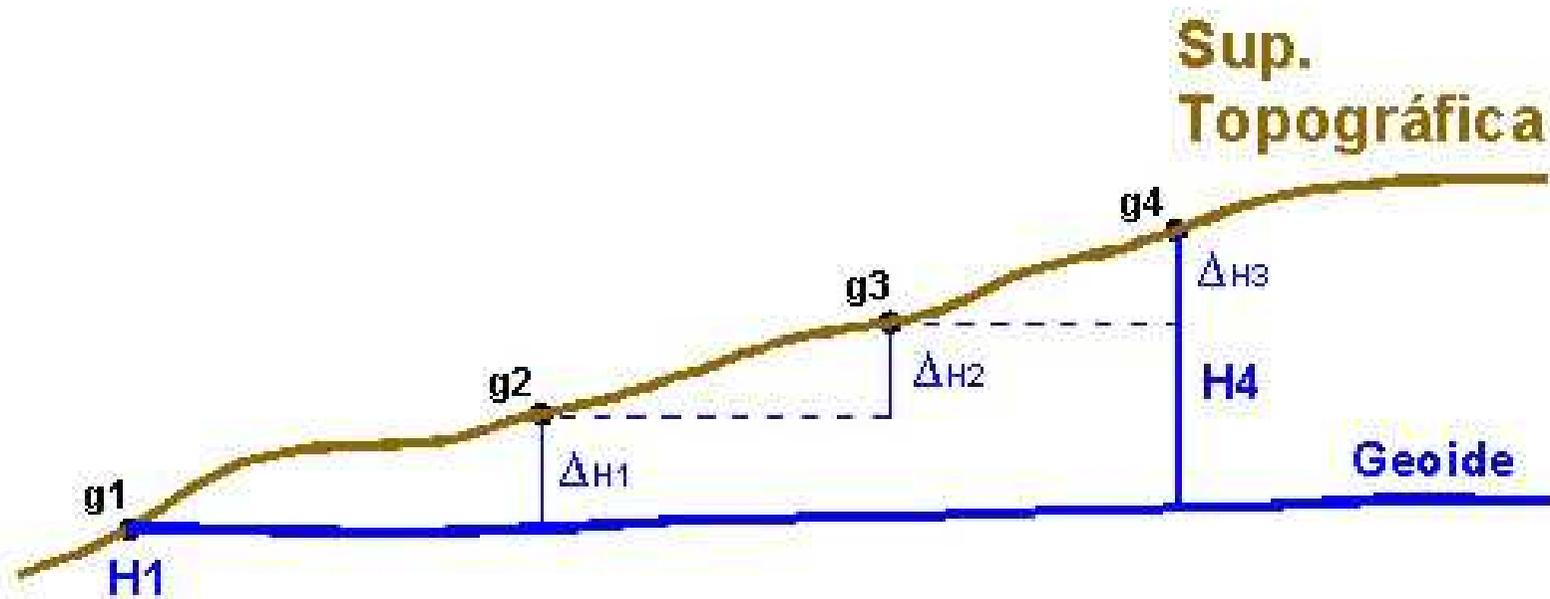


$$H4 = H1 + \Delta H1 + \Delta H2 + \Delta H3$$

# COTA ORTOMÉTRICA



# CÁLCULO DE LA COTA ORTOMÉTRICA

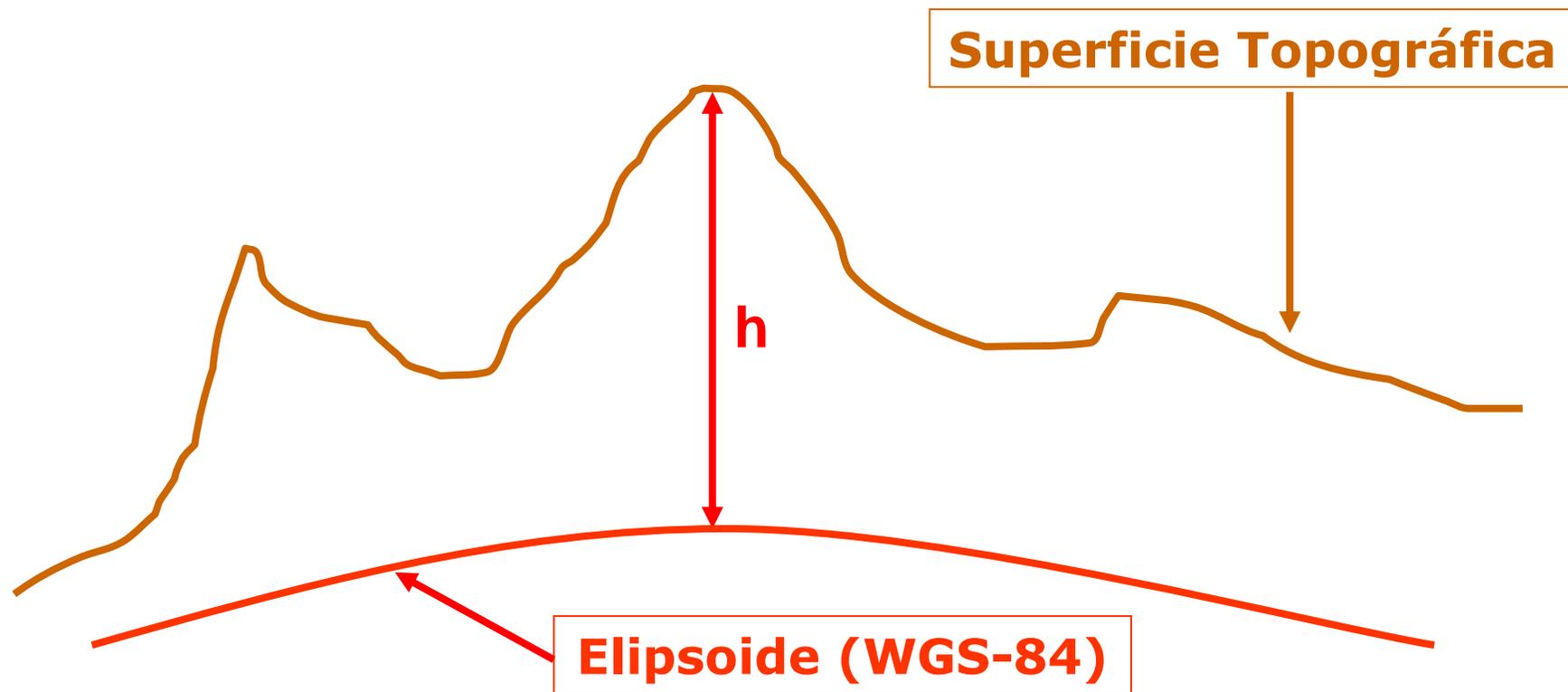


$$H4 = H1 + (\sum g_i \text{ prom} * \Delta H_i) / GM$$

$$GM = g4 + 0.3086 * (H4/2) - 0.1119 * H4$$

# ALTURA ELIPSOIDAL

**h = Altura Elipsoidal**





# ALTURAS

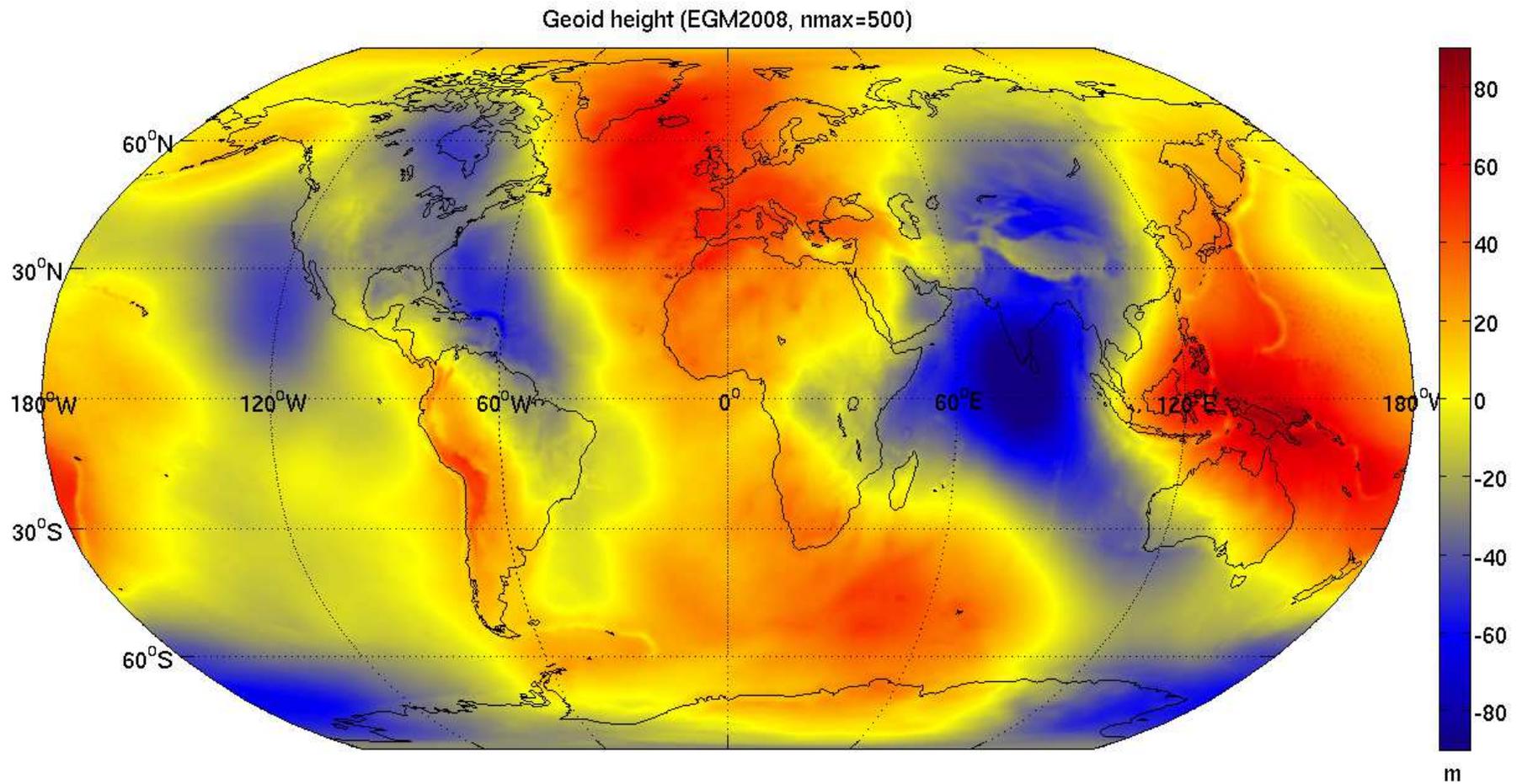
RESPECTO DEL GEOIDE  $\Rightarrow$  ORTOMÉTRICA

RESPECTO DEL ELIPSOIDE  $\Rightarrow$  ELIPSOIDAL

DIFERENCIA ENTRE  
AMBAS ALTURAS  $\Rightarrow$  **ONDULACIÓN DEL GEOIDE (N)**

$$N = h - H$$

# MODELO DE GEOIDE





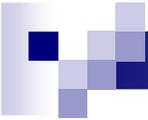
SABEMOS QUE :

$$N = h - H$$

SI MEDIMOS “h” EN PUNTOS DE “N” CONOCIDO :

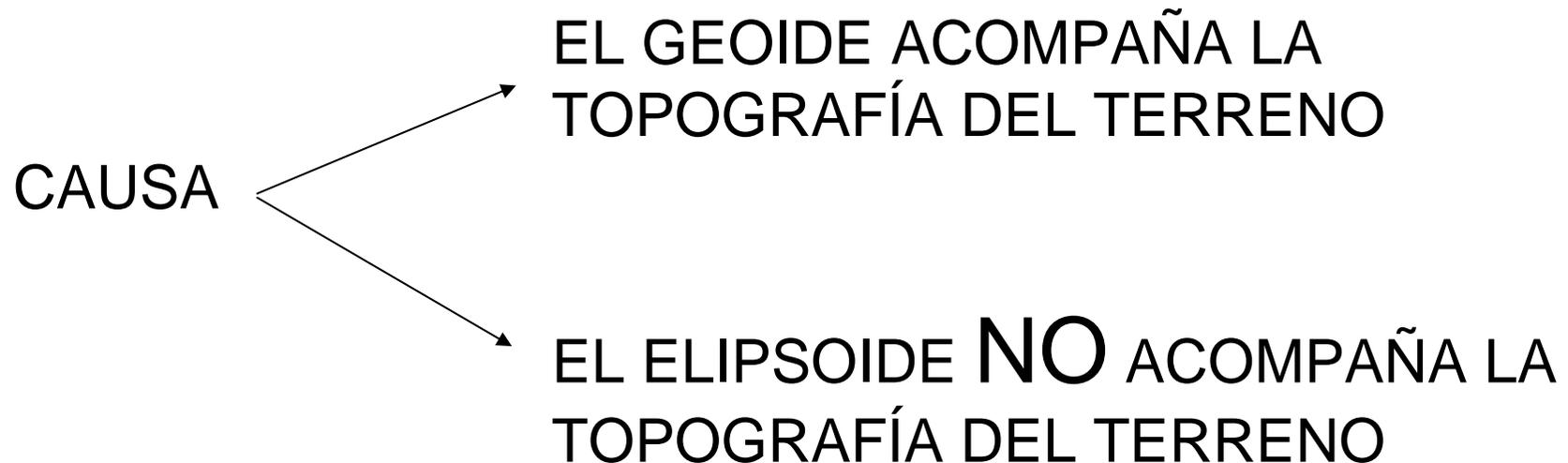
$$H = h - N$$

PRECISIÓN DE H = f ( PRECISIÓN de h y N )

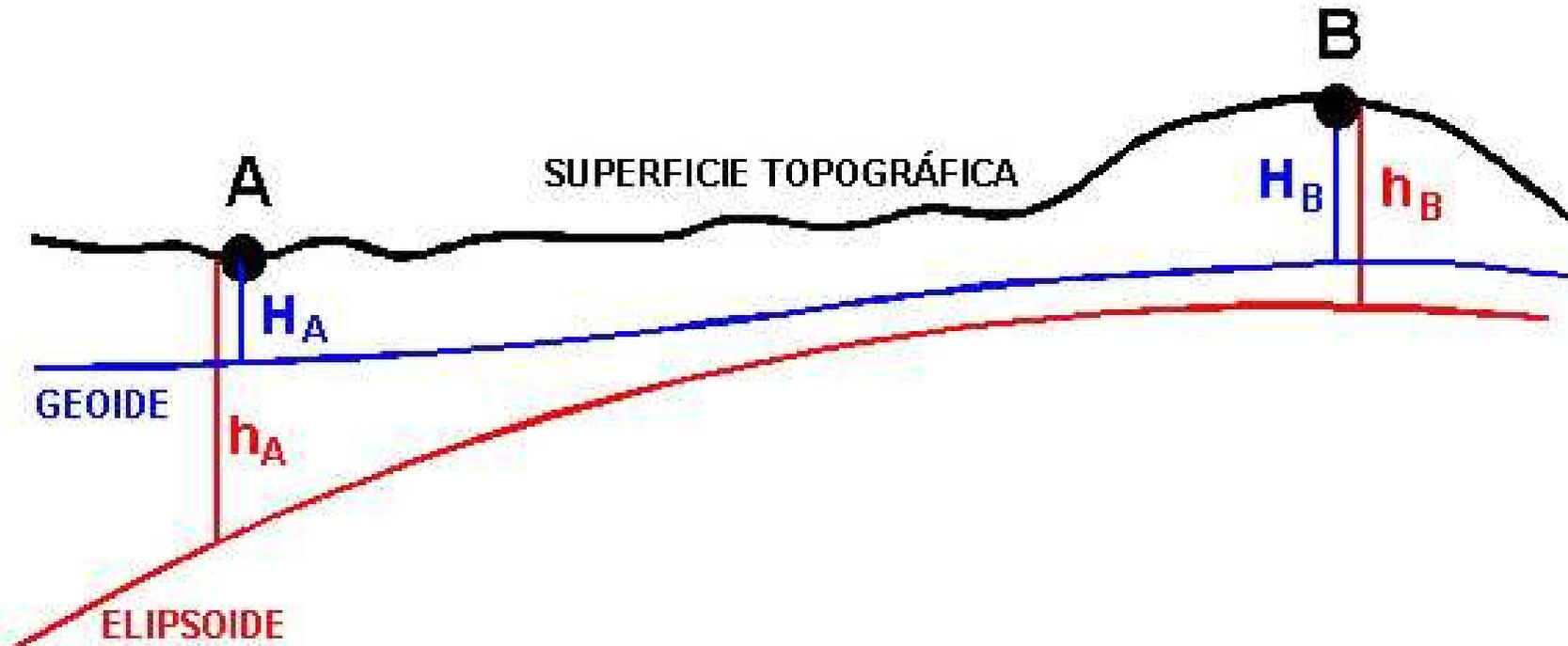


VERDADERO DESNIVEL  $\Rightarrow$  DIFERENCIA DE ALTURAS  
ORTOMÉTRICAS

VERDADERO DESNIVEL  $\neq$  DIFERENCIA DE ALTURAS  
ELIPSOIDALES



# DIFERENCIAS DE SUPERFICIES



$$H_B - H_A > 0$$

$$h_B - h_A < 0$$



**¡¡Muchas Gracias!!**

**Agustín Raffo - [araffo@ign.gob.ar](mailto:araffo@ign.gob.ar)**  
**Hernán Guagni - [hguagni@ign.gob.ar](mailto:hguagni@ign.gob.ar)**