

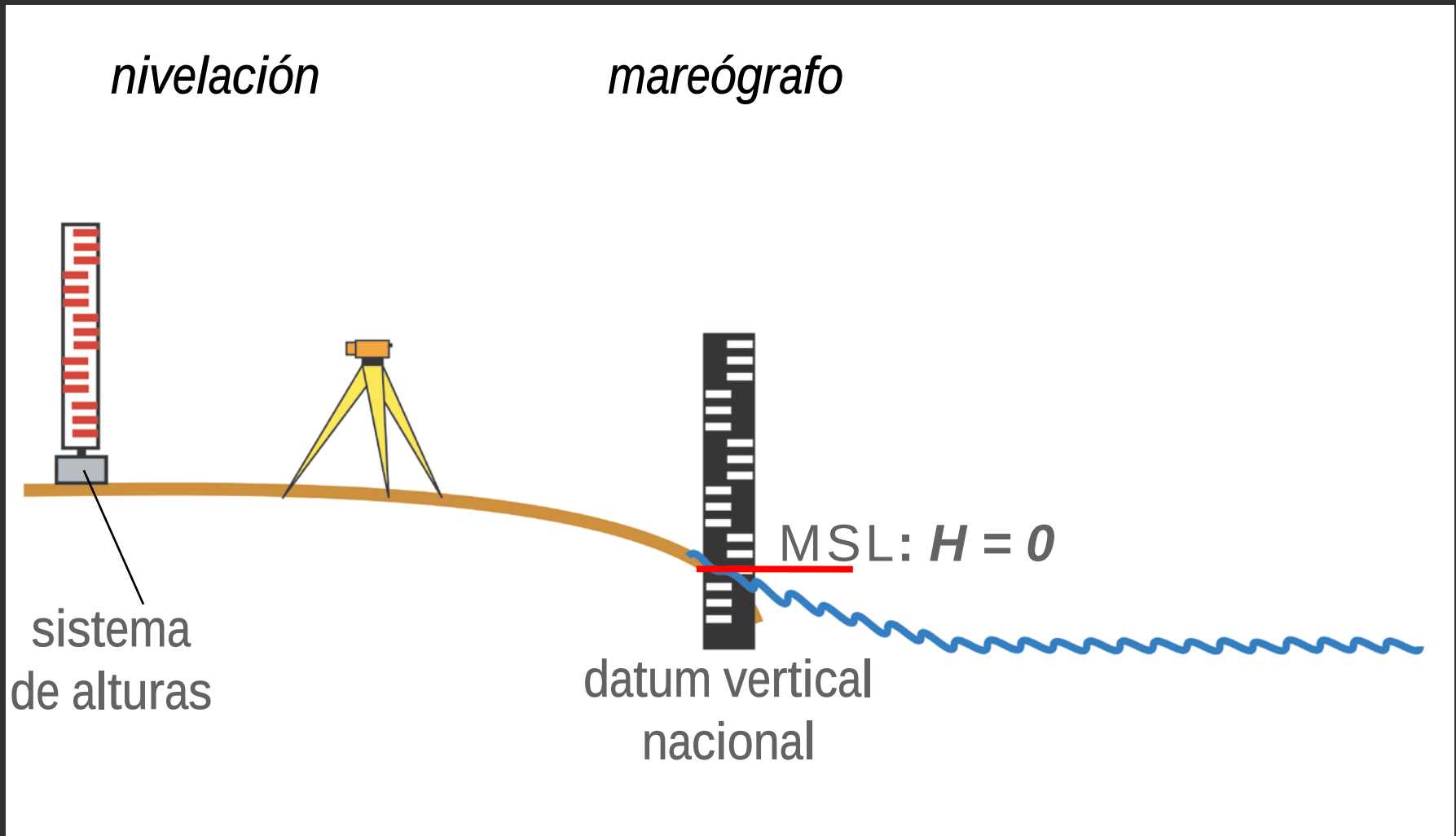


Registros de mareógrafos, altimetría satelital y modelos de mareas en la plataforma Patagónica: Contribuciones a la unificación del datum vertical

**A. RICHTER, M. SARACENO, L. MENDOZA, R. PERDOMO,
J.L. HORMAECHEA, D. DEL COGLIANO, R. DIETRICH**

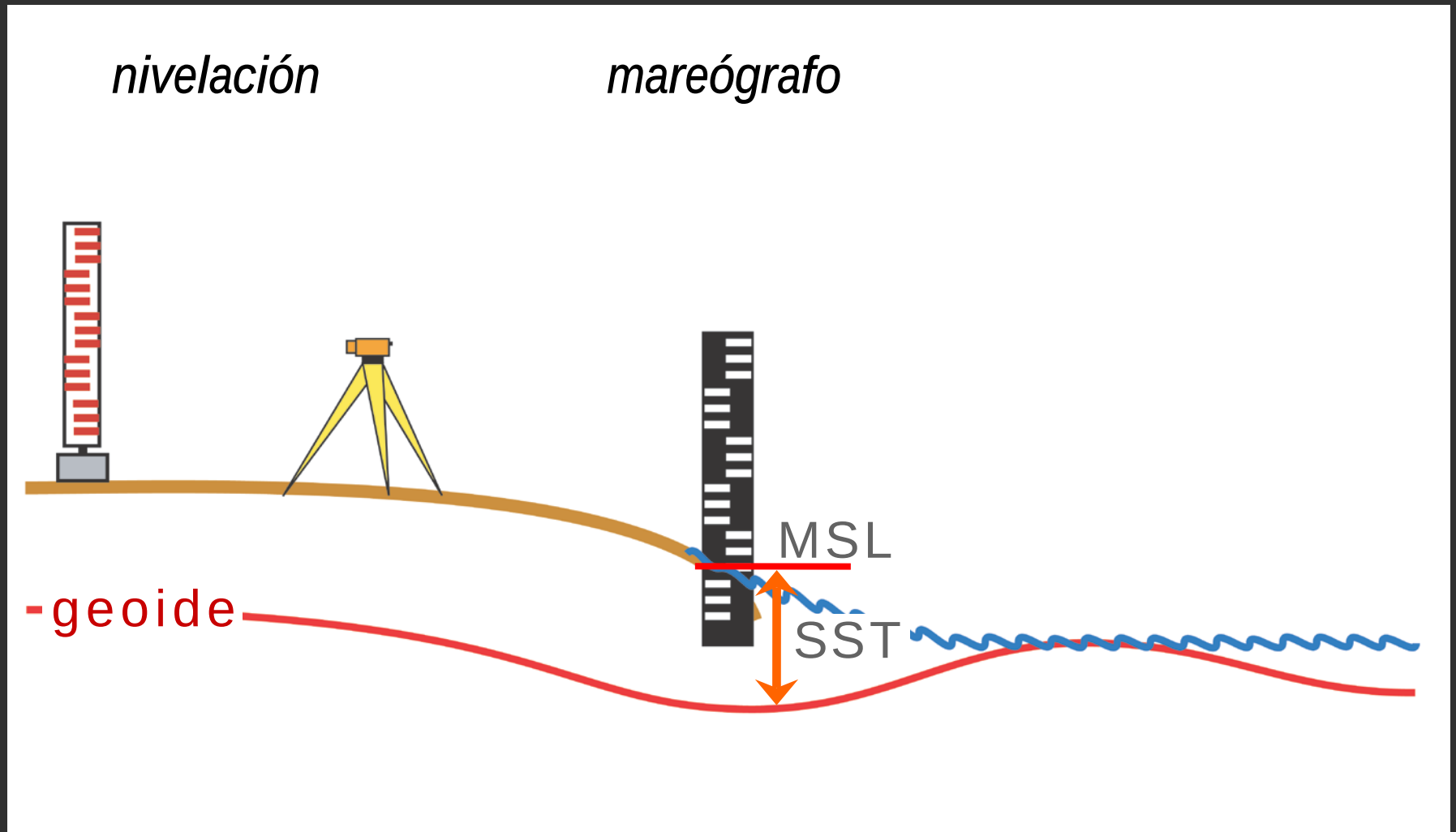
Technische Universität Dresden, Institut für Planetare Geodäsie, *DE*
Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, *AR*
Universidad de Buenos Aires, FCEyN / CIMA, UMI 3351-IFAECI/CNRS-CONICET-UBA, *AR*
Estación Astronómica Río Grande, *AR*

Introducción



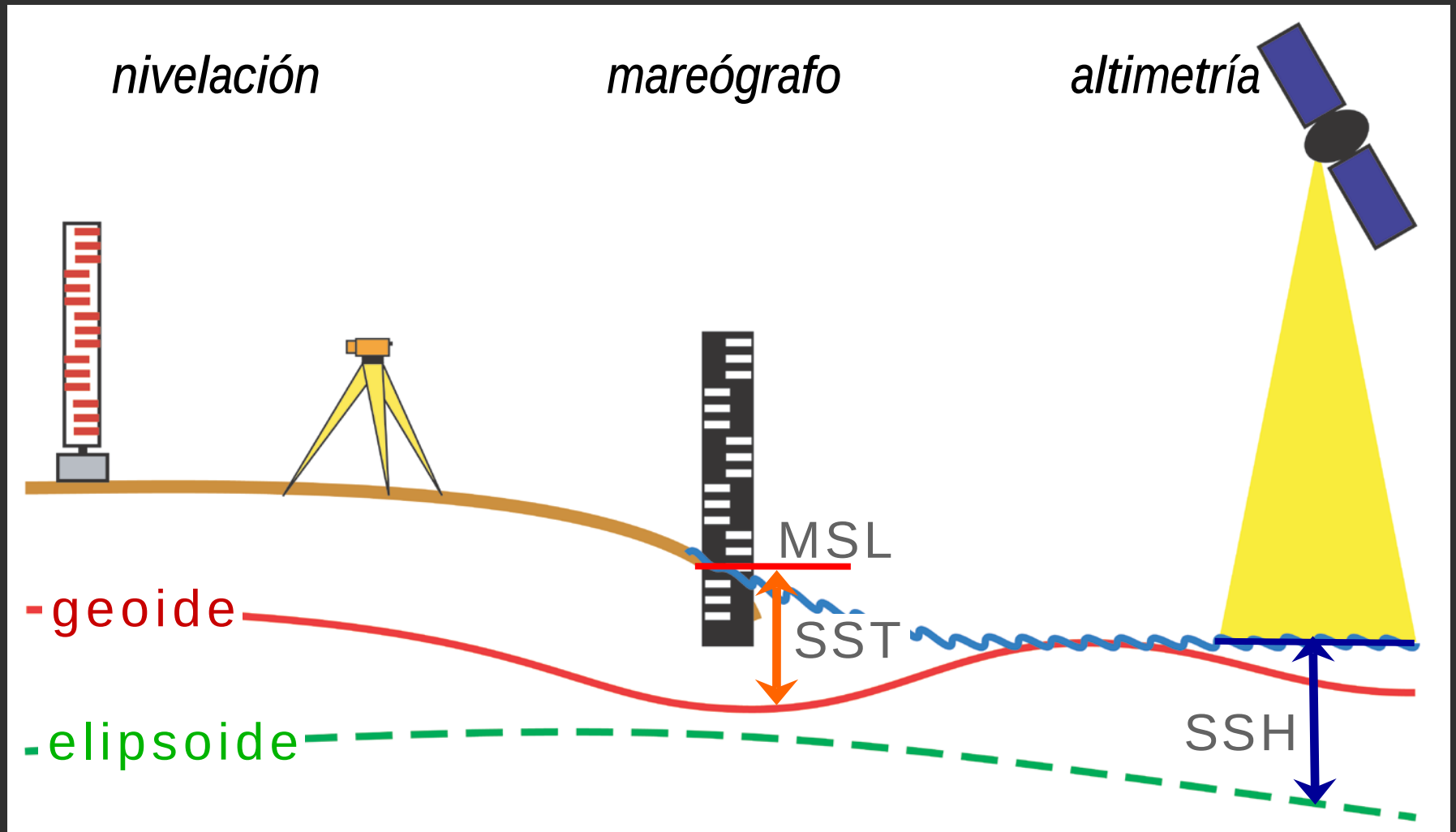
MSL: *mean sea level* – nivel medio del mar

Introducción



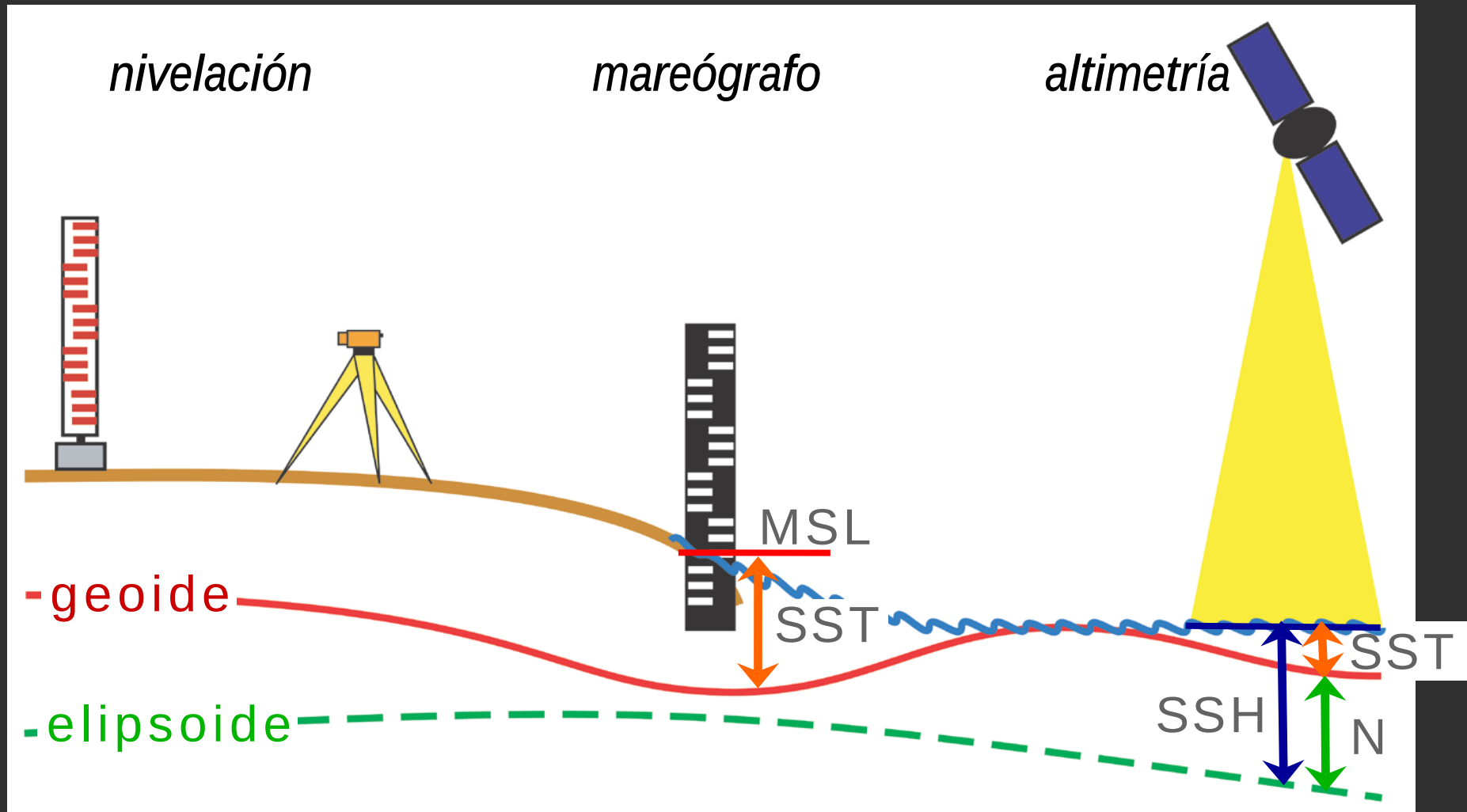
SST: *sea-surface topography* – topografía de la superficie del mar

Introducción



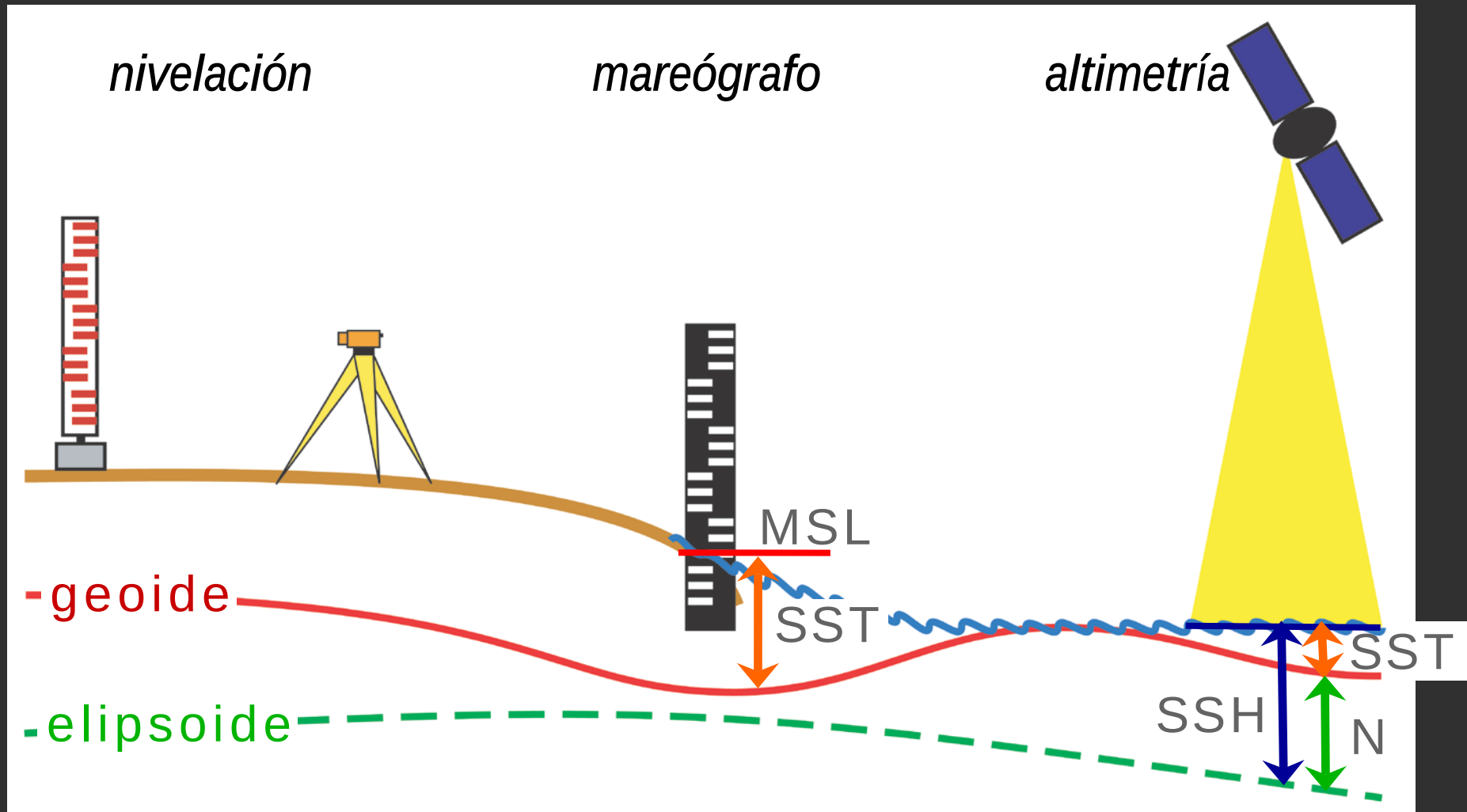
SSH: *sea-surface height* – altura de la superficie del mar

Introducción



SSH: sea-surface height – altura de la superficie del mar
N: geoid height – ondulación geoidal

Introducción



Unificación de redes altimétricas nacionales

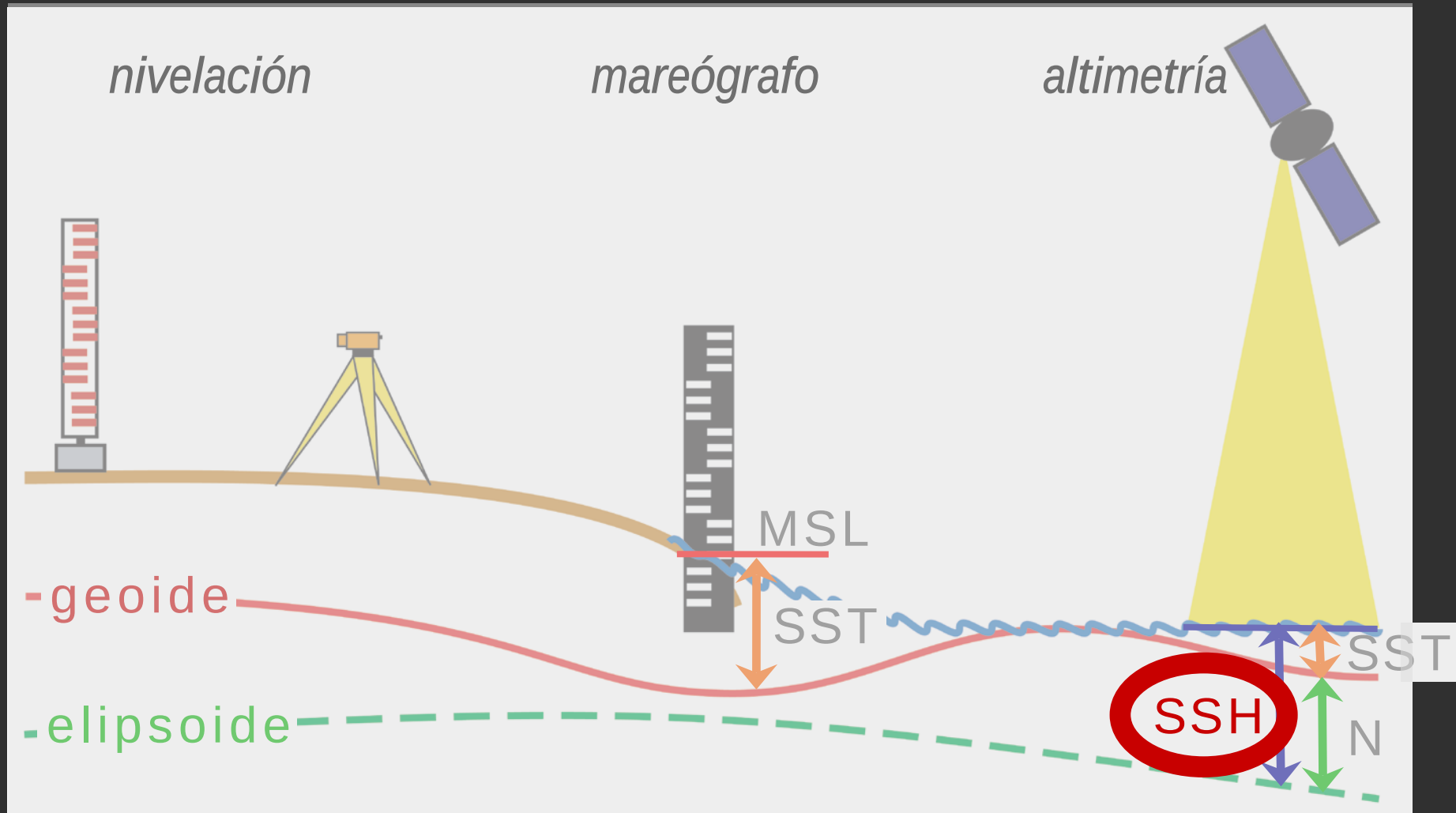
por tierra:

$$H(W_0) = \text{MSL} - \text{SST}$$

por mar:

$$\text{SSH} = N + \text{SST}$$

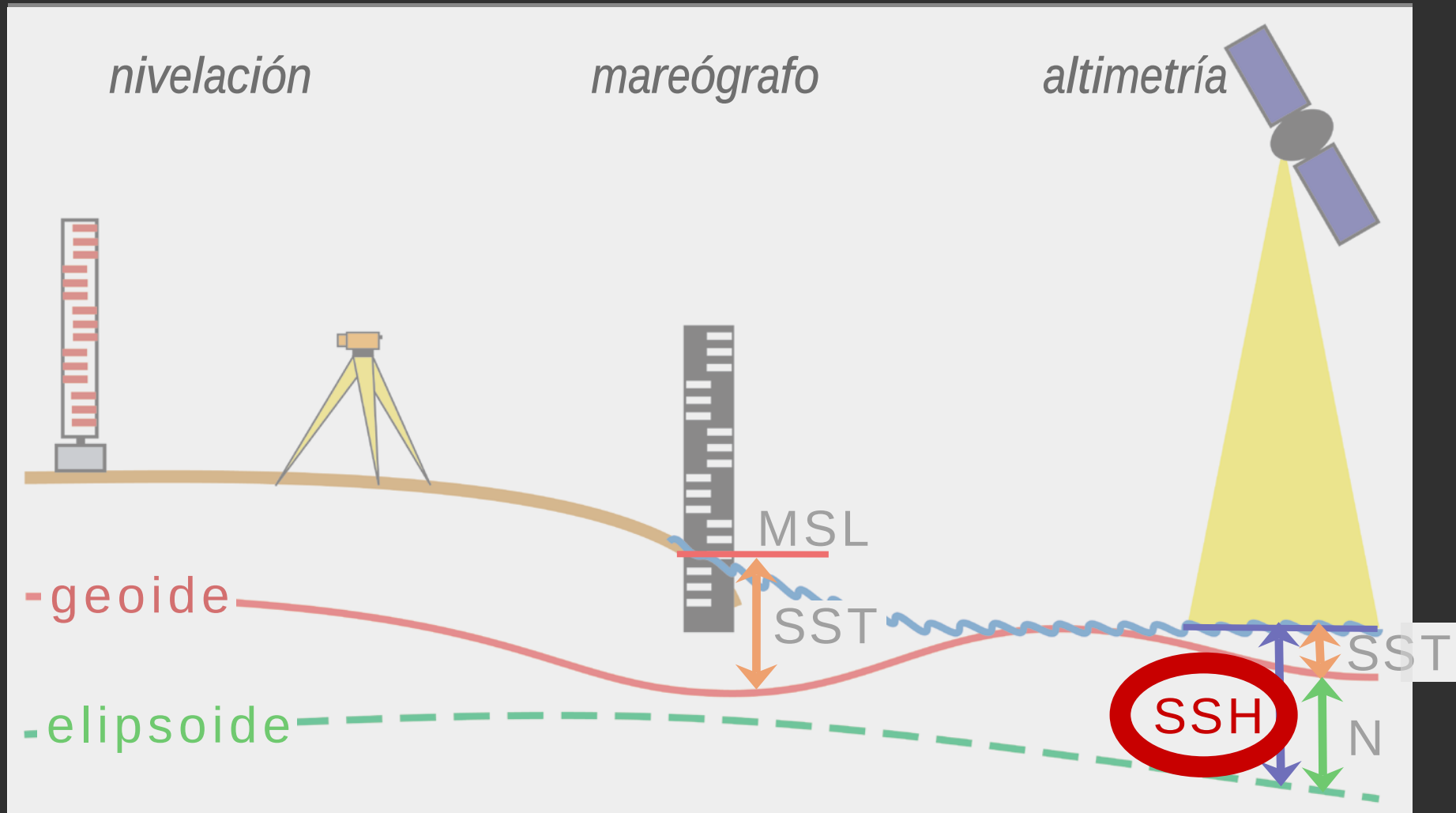
Introducción



SSH: · validación altimetría satelital

- variación de SSH instantanea:
 - modelos de mareas
 - efectos adicionales

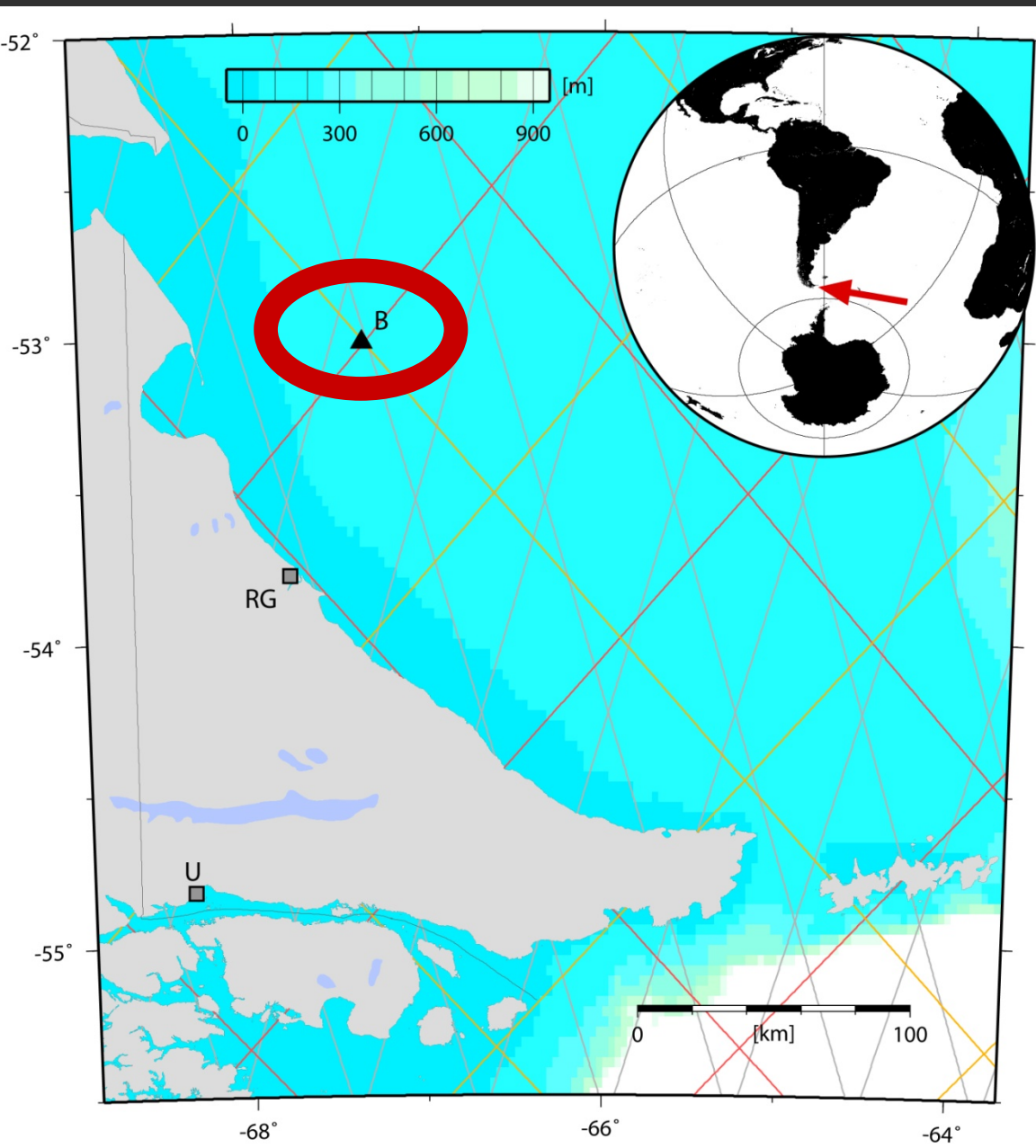
Introducción



SSH: · validación altimetría satelital

- variación de SSH instantánea:
 - modelos de mareas
 - efectos adicionales

Validación altimetría



intersección triple:

JASON 1 EM

JASON 2

ENVISAT

mareógrafo de presión

AANDERAA WLR 7

5 meses, 10 min, 70 m

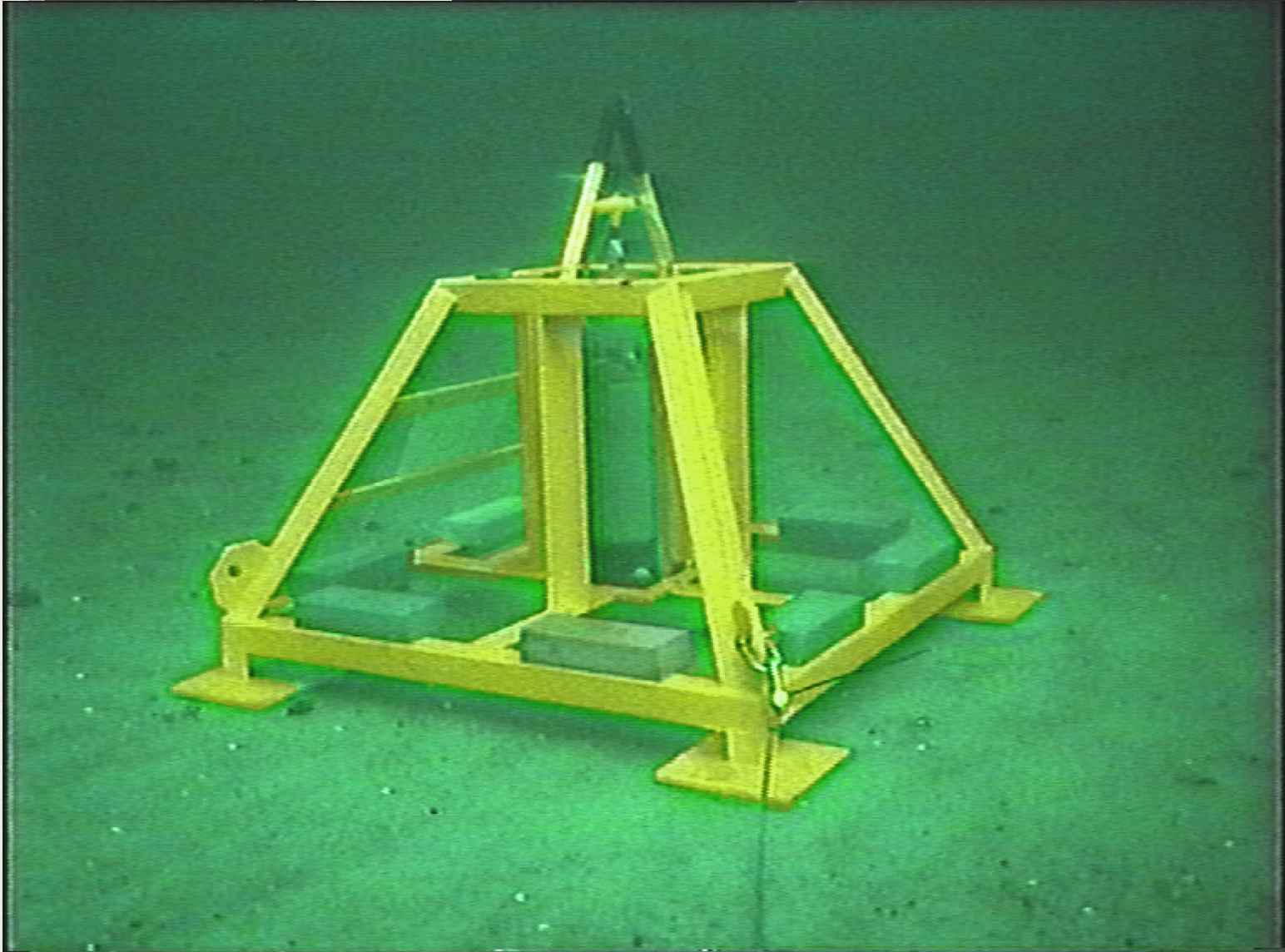
Validación altimetría

mareógrafo de presión
AANDERAA WLR 7



Validación altimetría

mareógrafo de presión
AANDERAA WLR 7

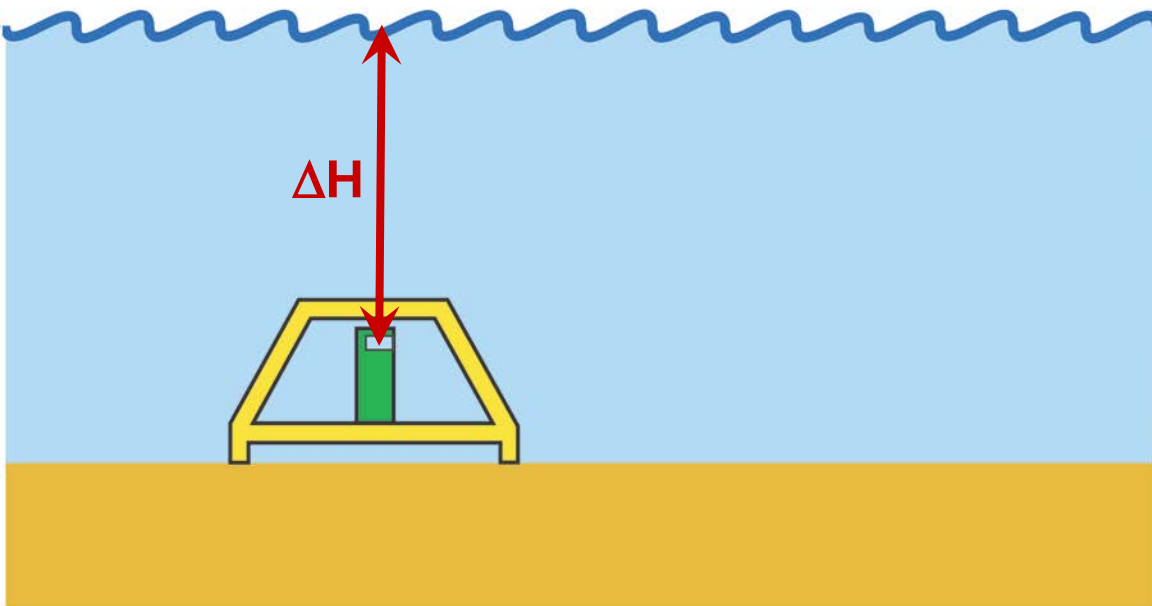


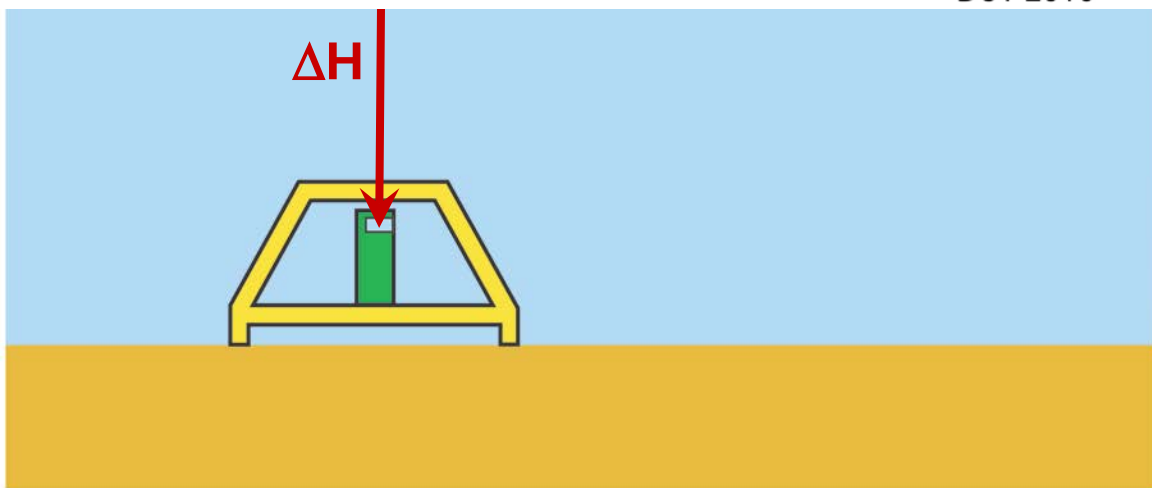
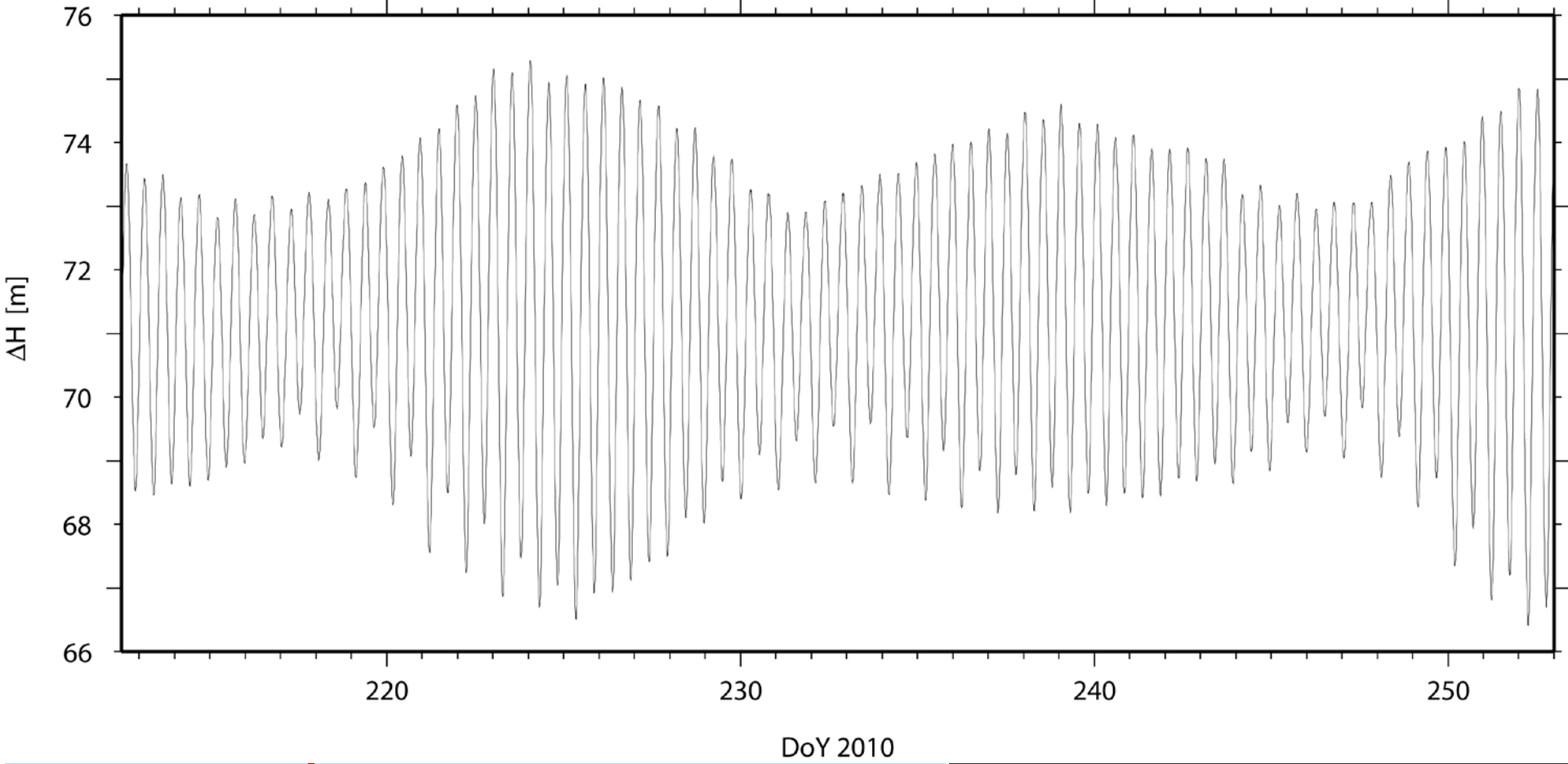
Validación altimetría

mareógrafo de presión
AANDERAA WLR 7

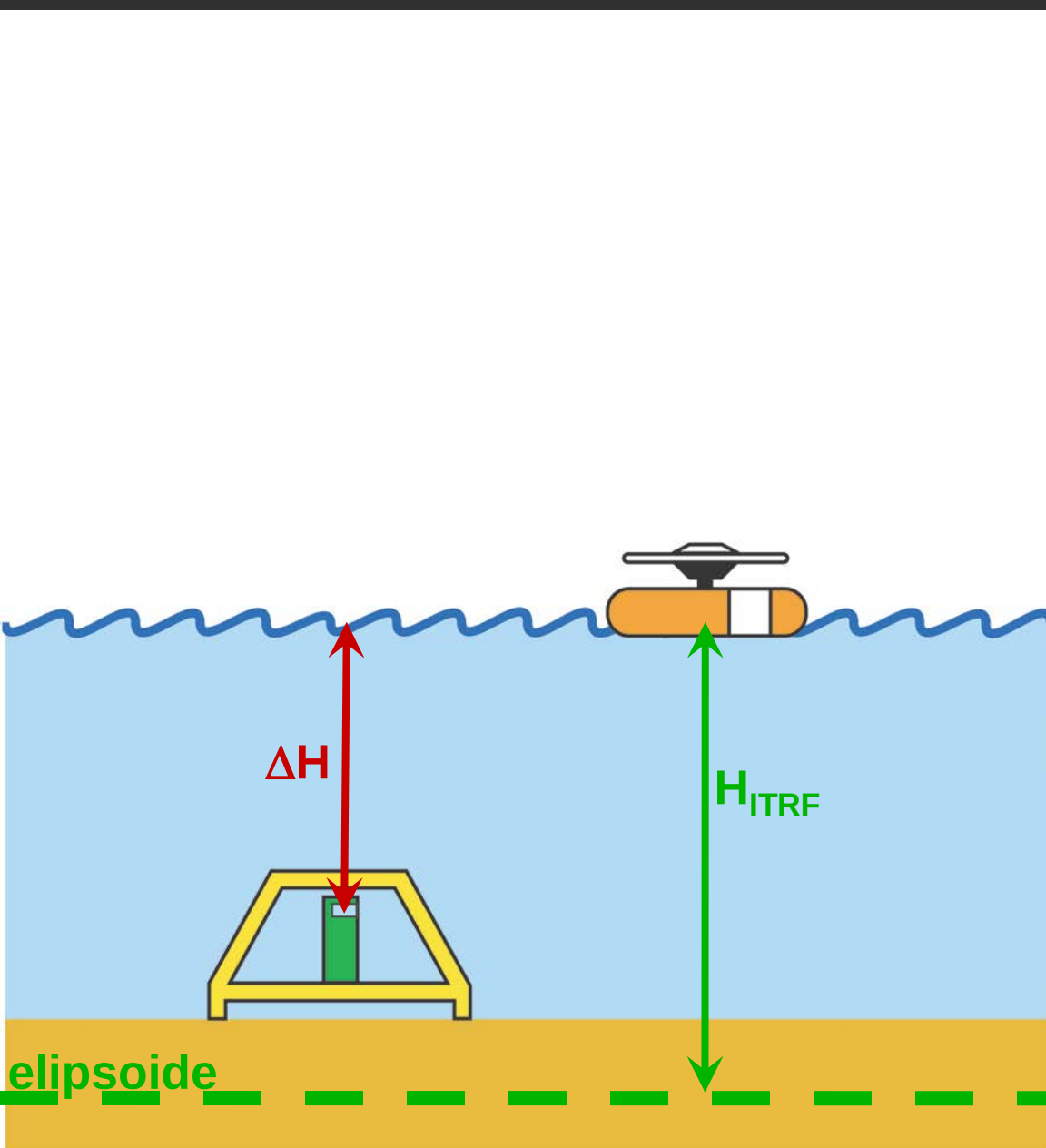
5 meses, 10 min, 70 m

→ registro continuo de la
variación del nivel del mar





Validación altimetría



mareógrafo de presión
AANDERAA WLR 7

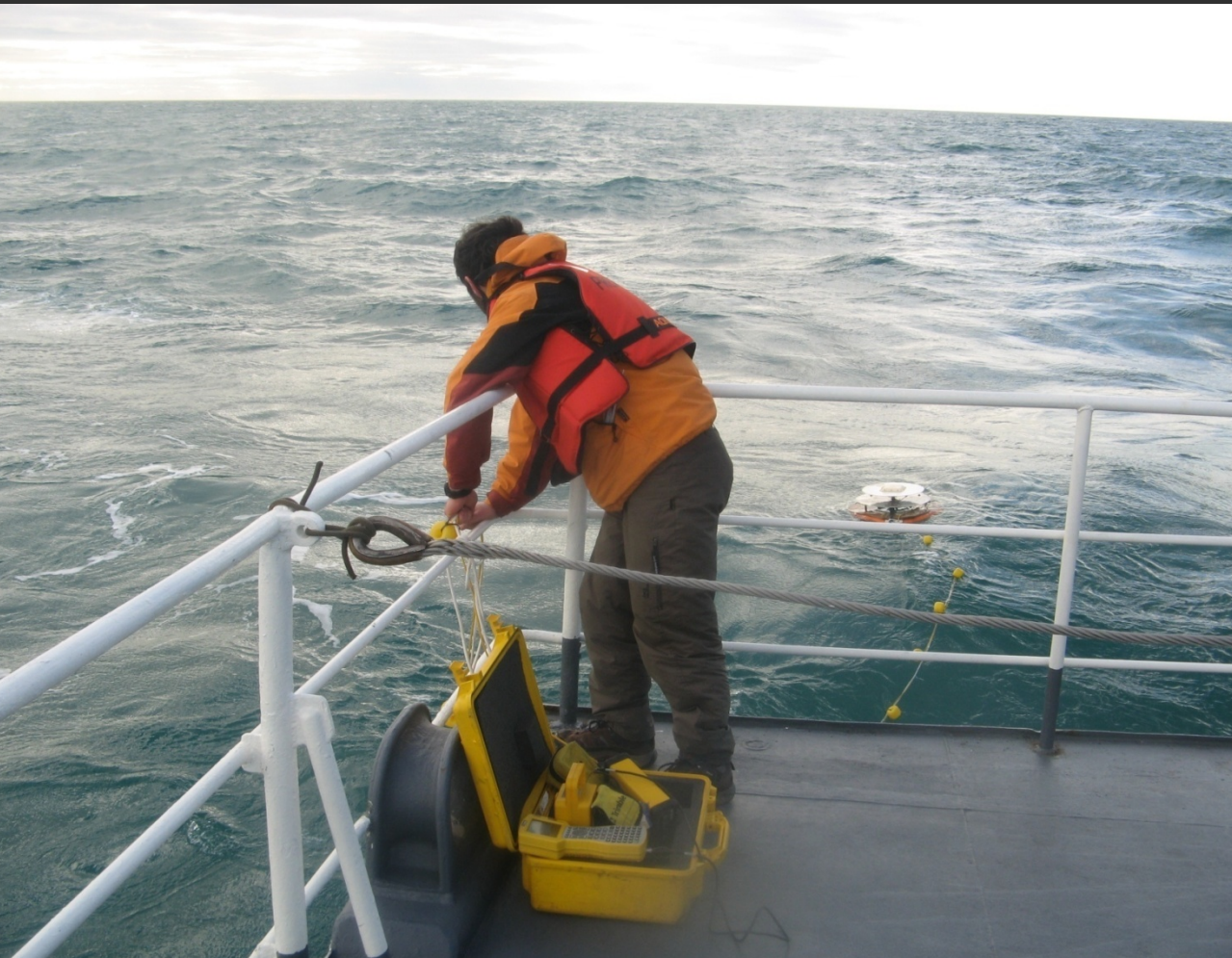
5 meses, 10 min, 70 m

→ registro continuo de la
variación del nivel del mar

comienzo + fin registro:
observación boya GPS

→ referencia absoluta
del registro (ITRF08)

Validación altimetría



Observación:

1..2 h, cada 1 sec

TRIMBLE 4700 + MC

L1+L2 código + fase

Base:

Estación IGS RIO2

Procesamiento

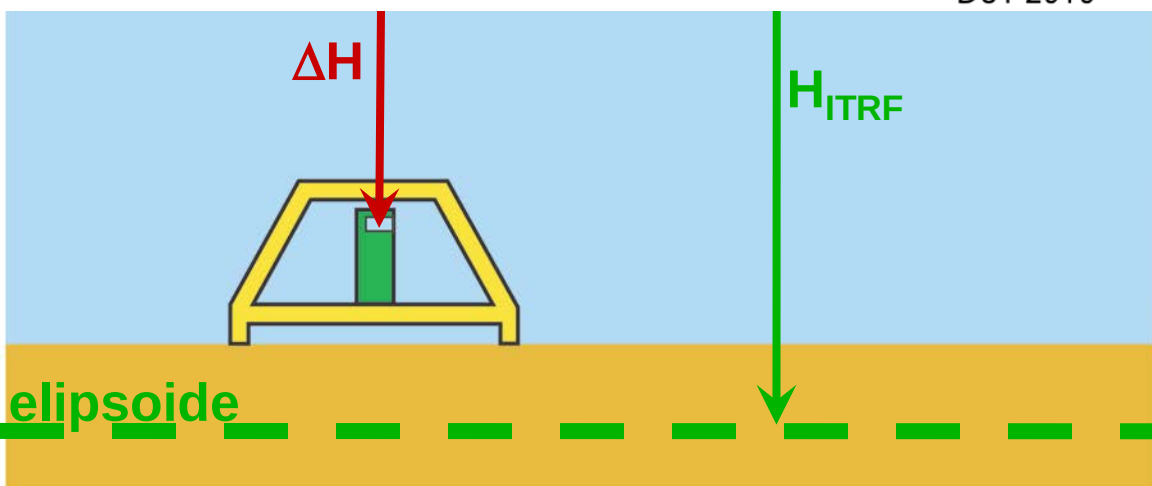
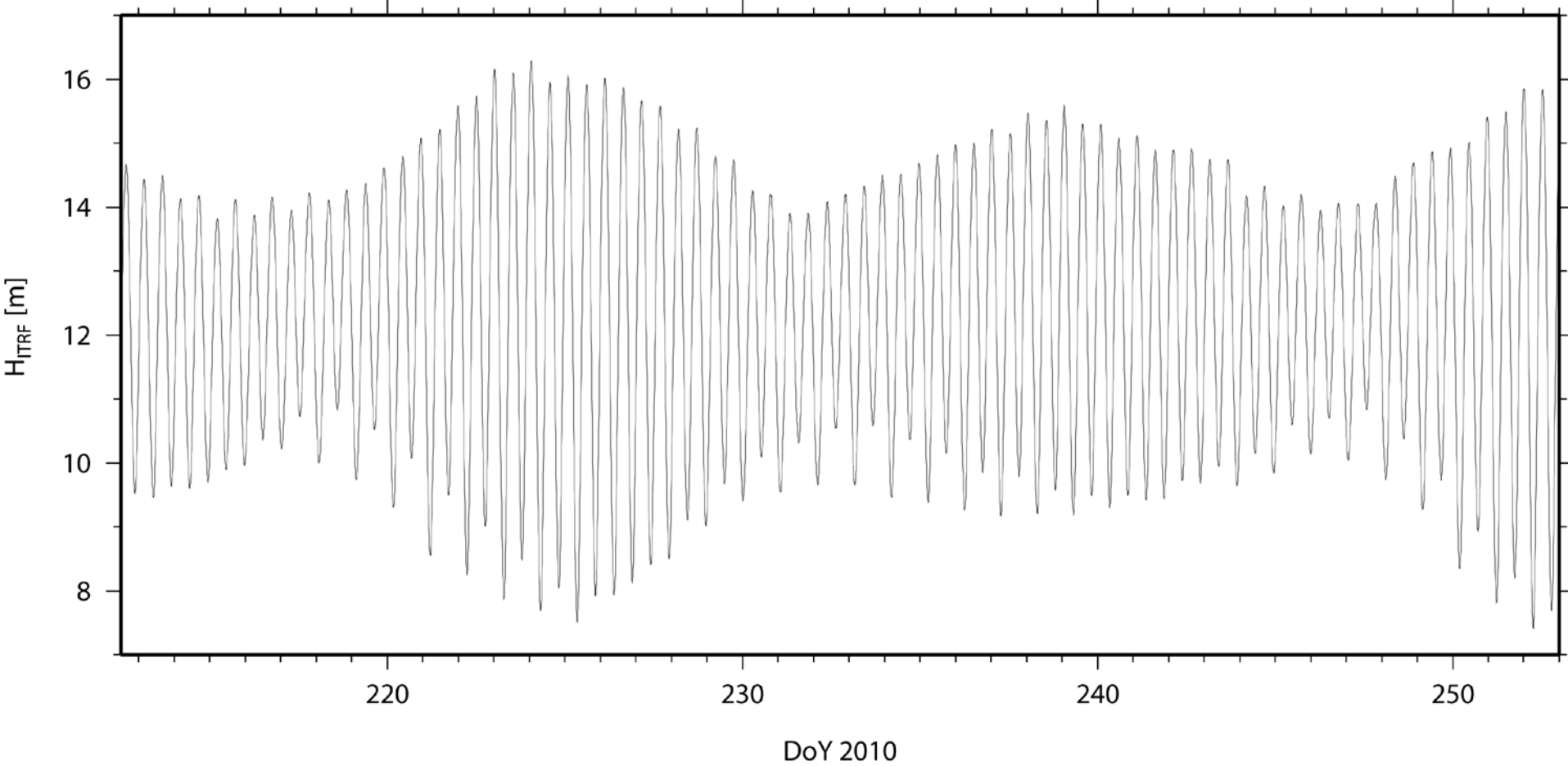
cinemático:

BERNESE GPS SOFTWARE

→ 3D trayectoria de
la boya GPS (ITRF08)

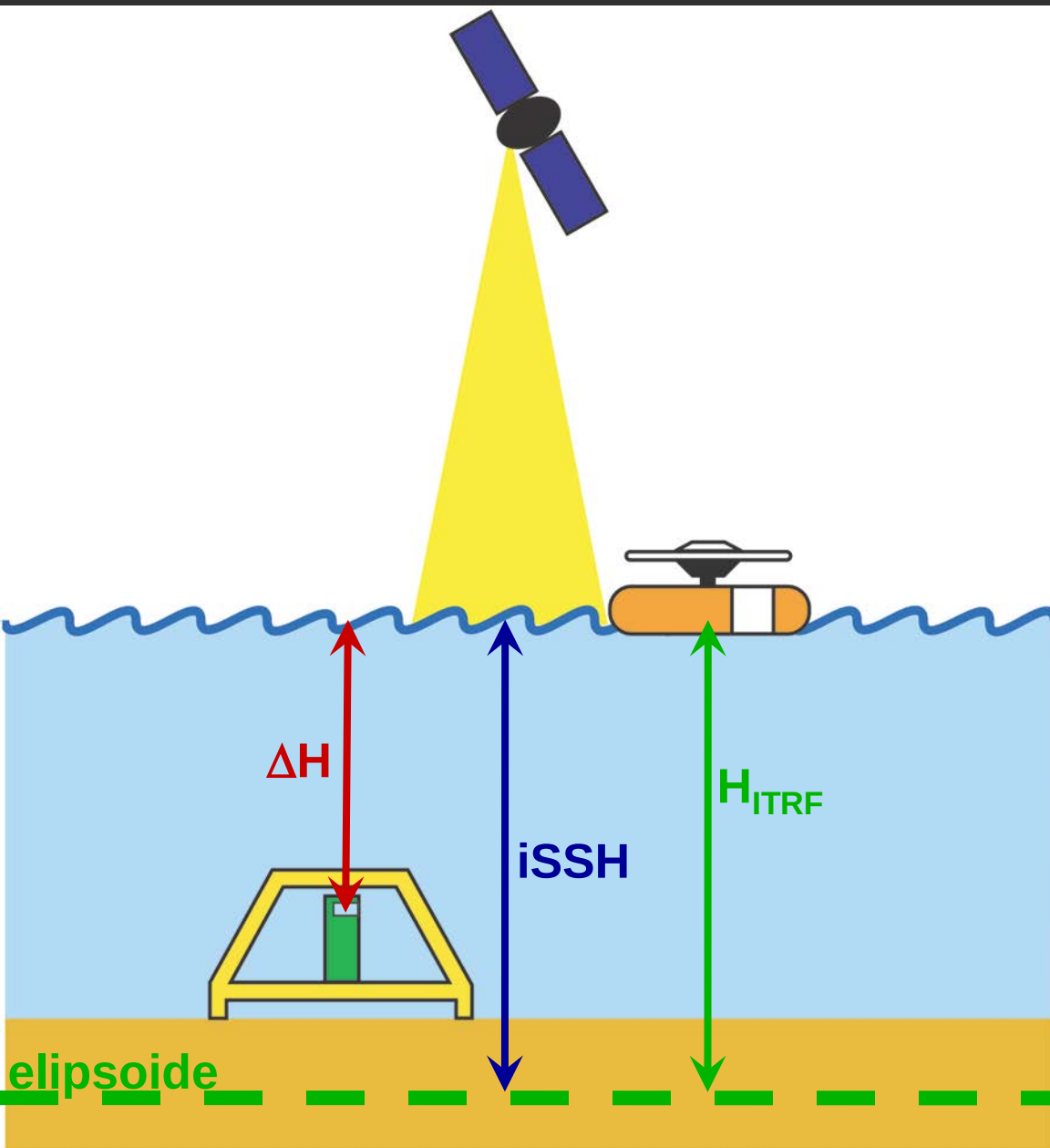
→ altura superficie del mar (iSSH) durante observación GPS

→ altura (ITRF08) del punto origen del mareógrafo



del registro (ITRF08)

Validación altimetría



mareógrafo de presión
AANDERAA WLR 7

5 meses, 10 min, 70 m

→ registro continuo de la
variación del nivel del mar

comienzo + fin registro:
observación boya GPS

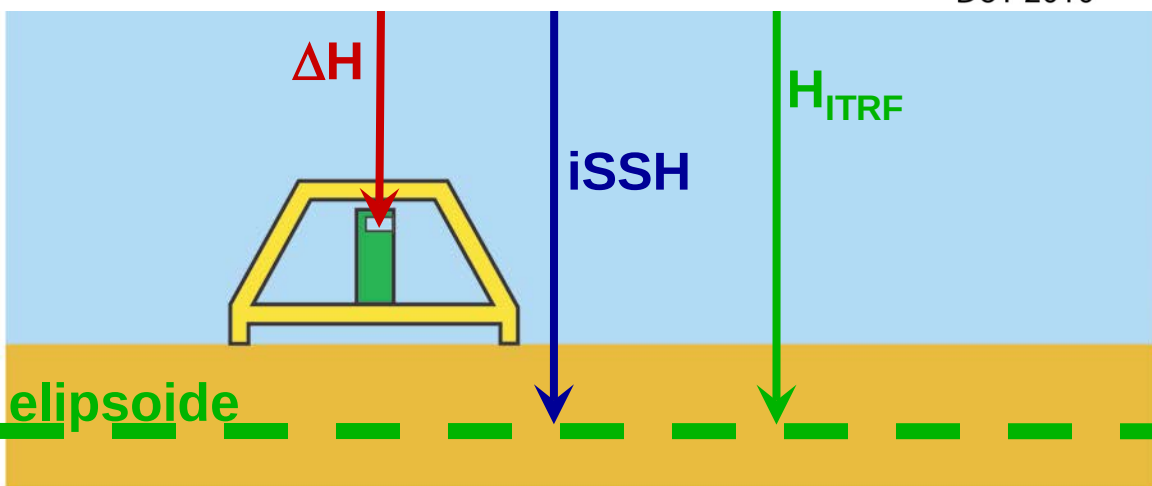
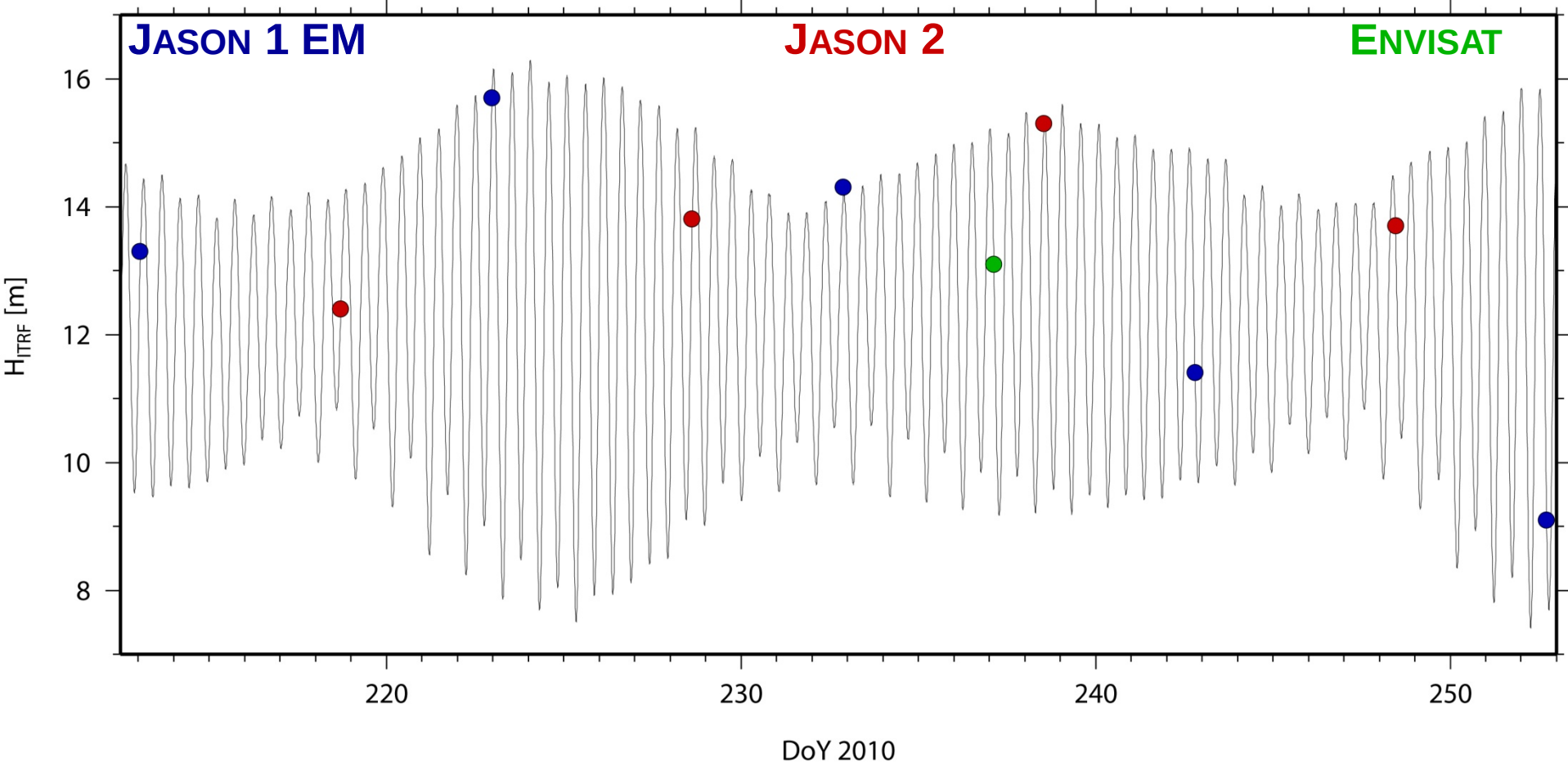
→ referencia absoluta
del registro (ITRF08)

comparación con SSH de
altimetría satelital:

transformación

elipsoide TOPEX ↔ WGS84

mean tide ↔ tide-free



del registro (ITRF08)

comparación con SSH de
altimetría satelital:

transformación

elipsoide TOPEX $\leftrightarrow$ WGS84

mean tide $\leftrightarrow$ tide-free

Validación altimetría

Resultados: Diferencias medias $\Delta H_m = iSSH - H_{ITRF}$

Misión	N	ΔH_m [cm]	$\Delta H'_m$ [cm]	$\pm$ [cm]	σ [cm]
JASON 2	15	20.2	2.5	4.1	4.4
JASON 1 EM	14	10.4	0.9	4.2	4.4
ENVISAT	4	44.9	-0.7	6.1	6.3
TOTAL	33	19.0	1.4	3.8	4.6

Richter et al. 2012 CSR

Validación altimetría

Resultados: Diferencias medias $\Delta H_m = iSSH - H_{ITRF}$

Misión	N	ΔH_m [cm]	$\Delta H'_m$ [cm]	$\pm$ [cm]	σ [cm]
JASON 2	15	20.2	2.5	4.1	4.4
JASON 1 EM	14	10.4	0.9	4.2	4.4
ENVISAT	4	44.9	-0.7	6.1	6.3
TOTAL	33	19.0	1.4	3.8	4.6

Richter et al. 2012 CSR

Conclusiones:

$\sigma \approx 5 \text{ cm}$:

consistencia determinación variación SSH

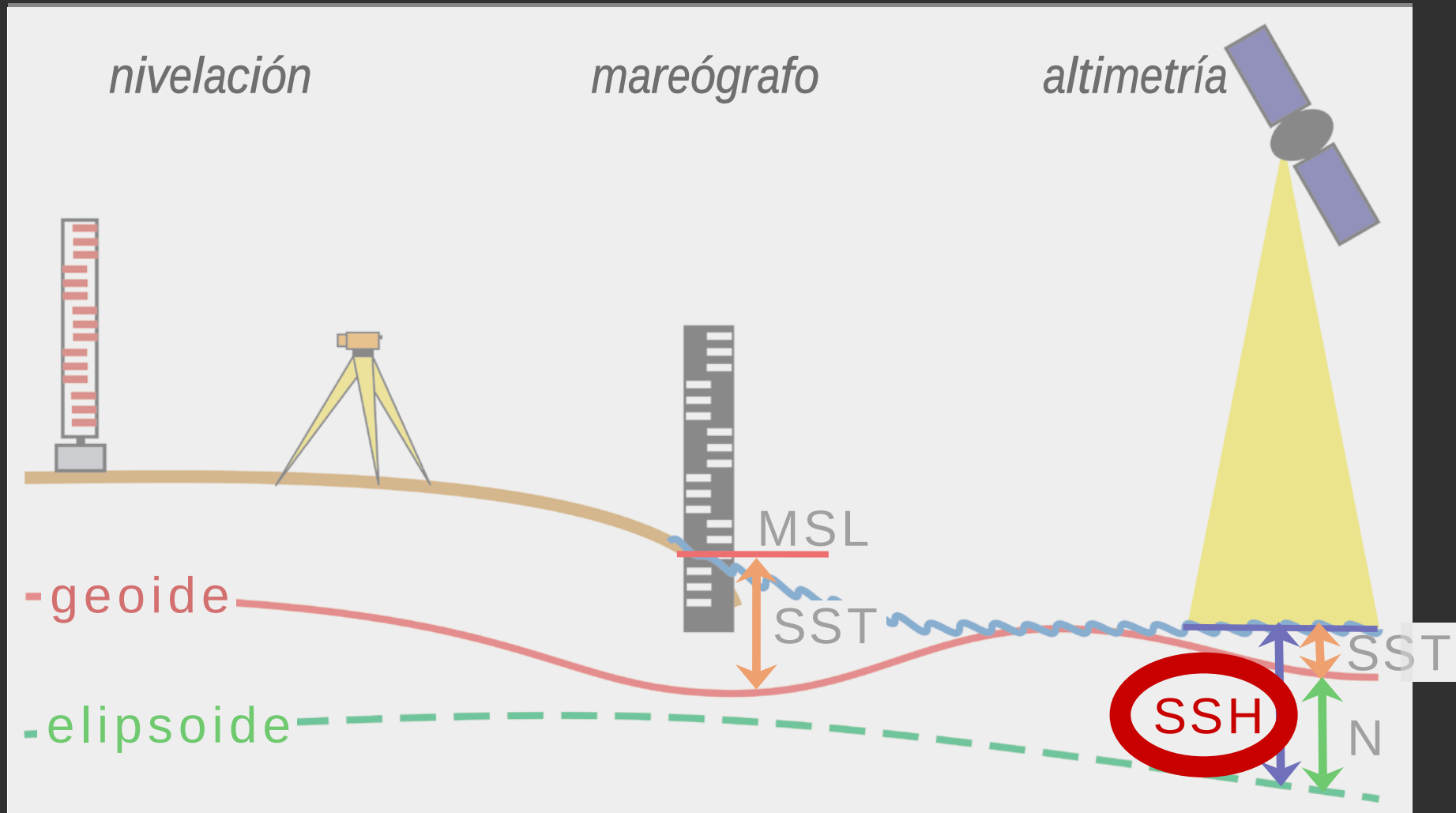
ΔH_m vs. $\Delta H'_m$:

importancia del ajuste global en crossovers

$\Delta H'_m < error$:

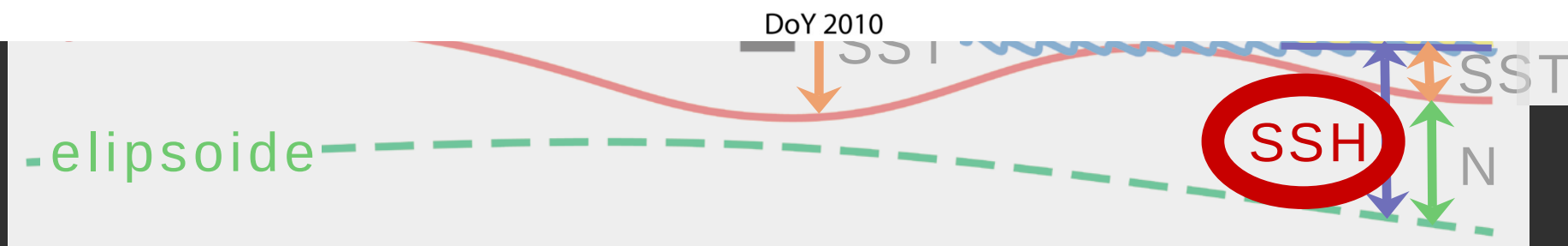
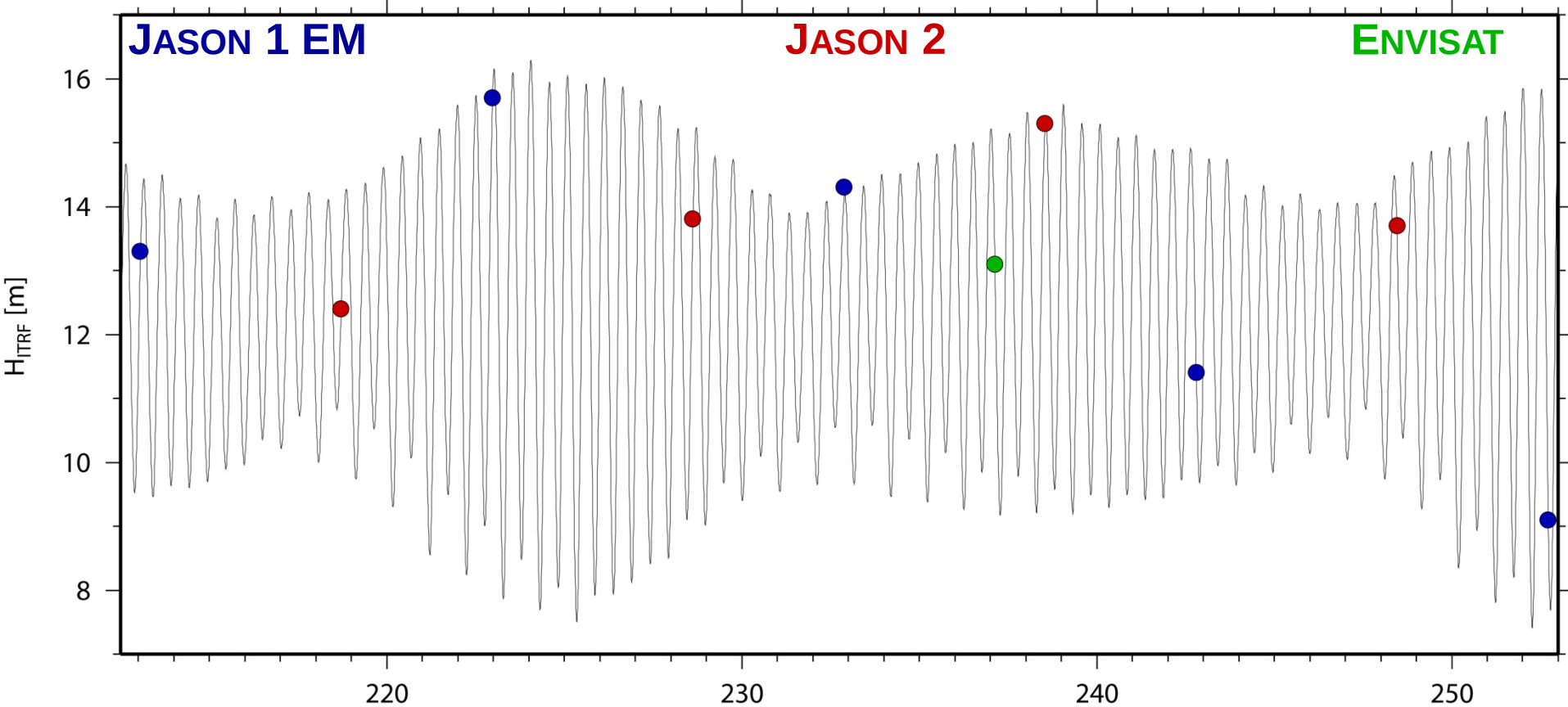
diferencias entre 2 métodos no significante

Validación modelos de mareas



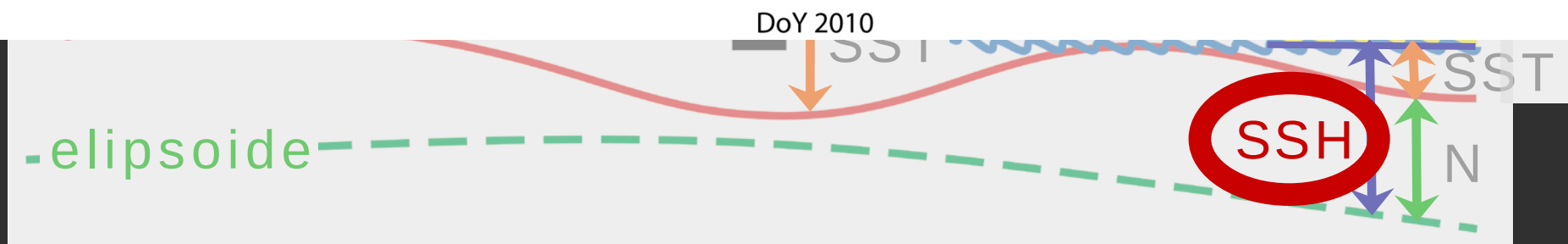
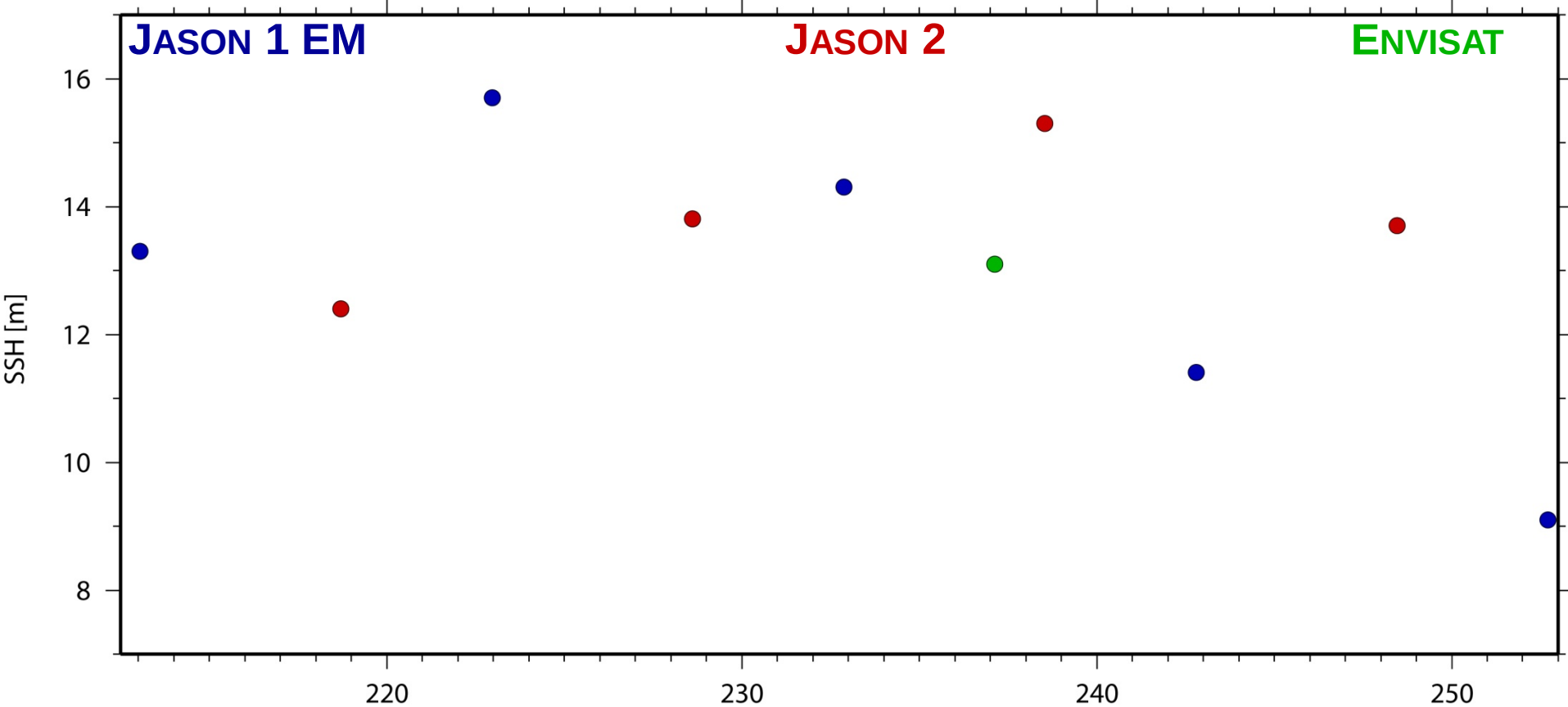
SSH: · validación altimetría satelital

- variación de SSH instantánea: - modelos de mareas
- efectos adicionales



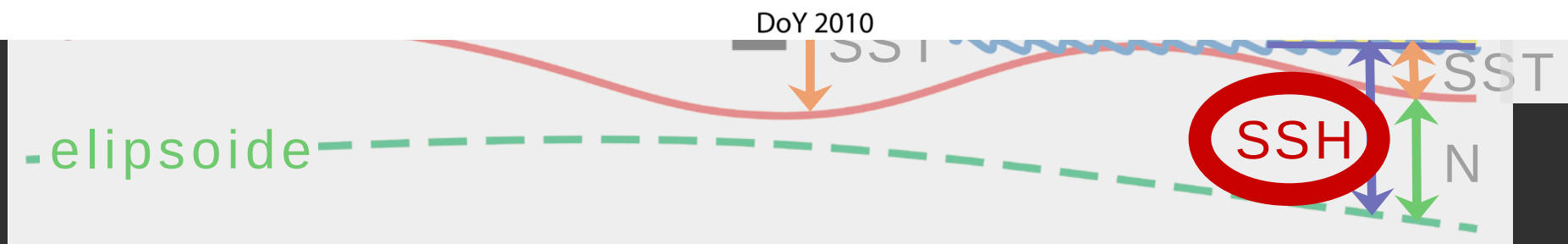
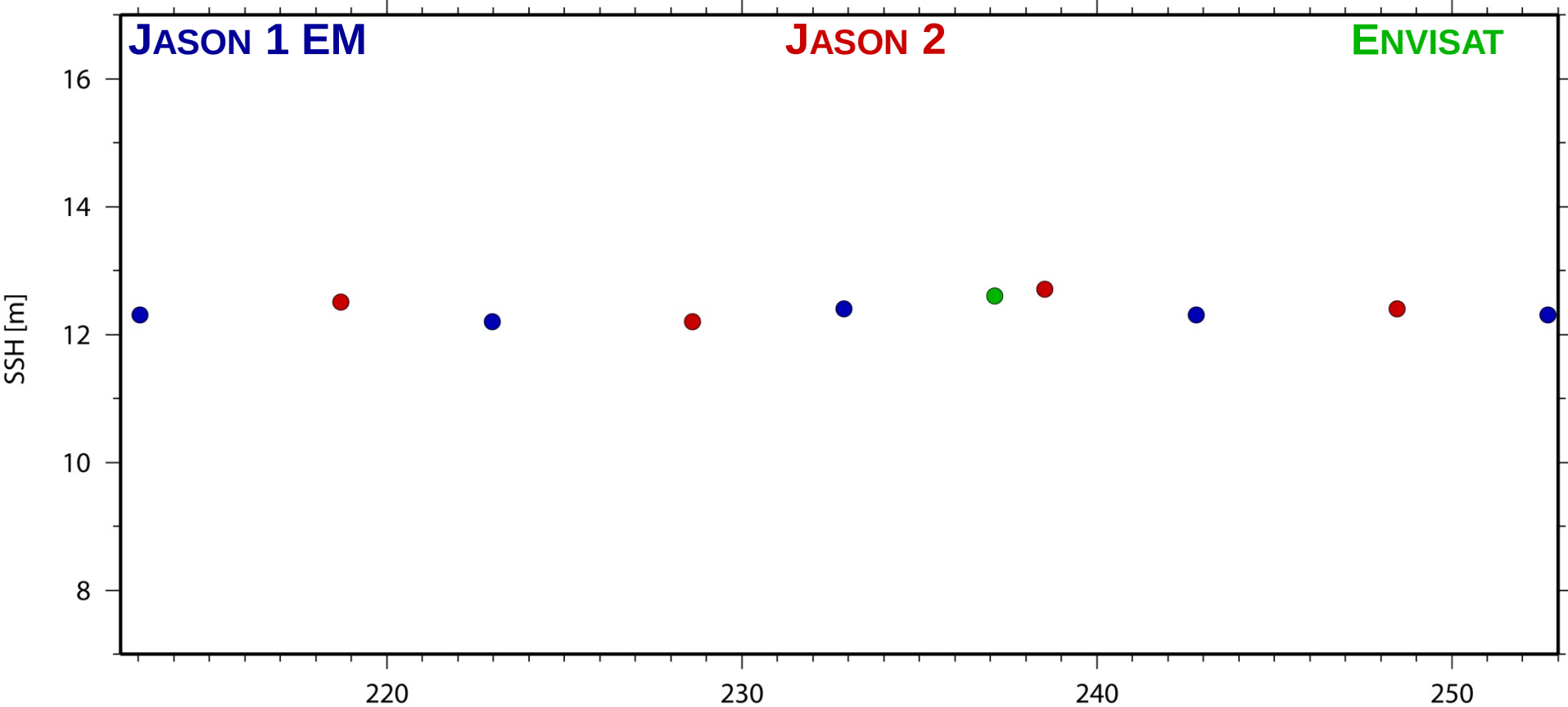
SSH: · validación altimetría satelital

- variación de SSH instantanea:
 - modelos de mareas
 - efectos adicionales



SSH: · validación altimetría satelital

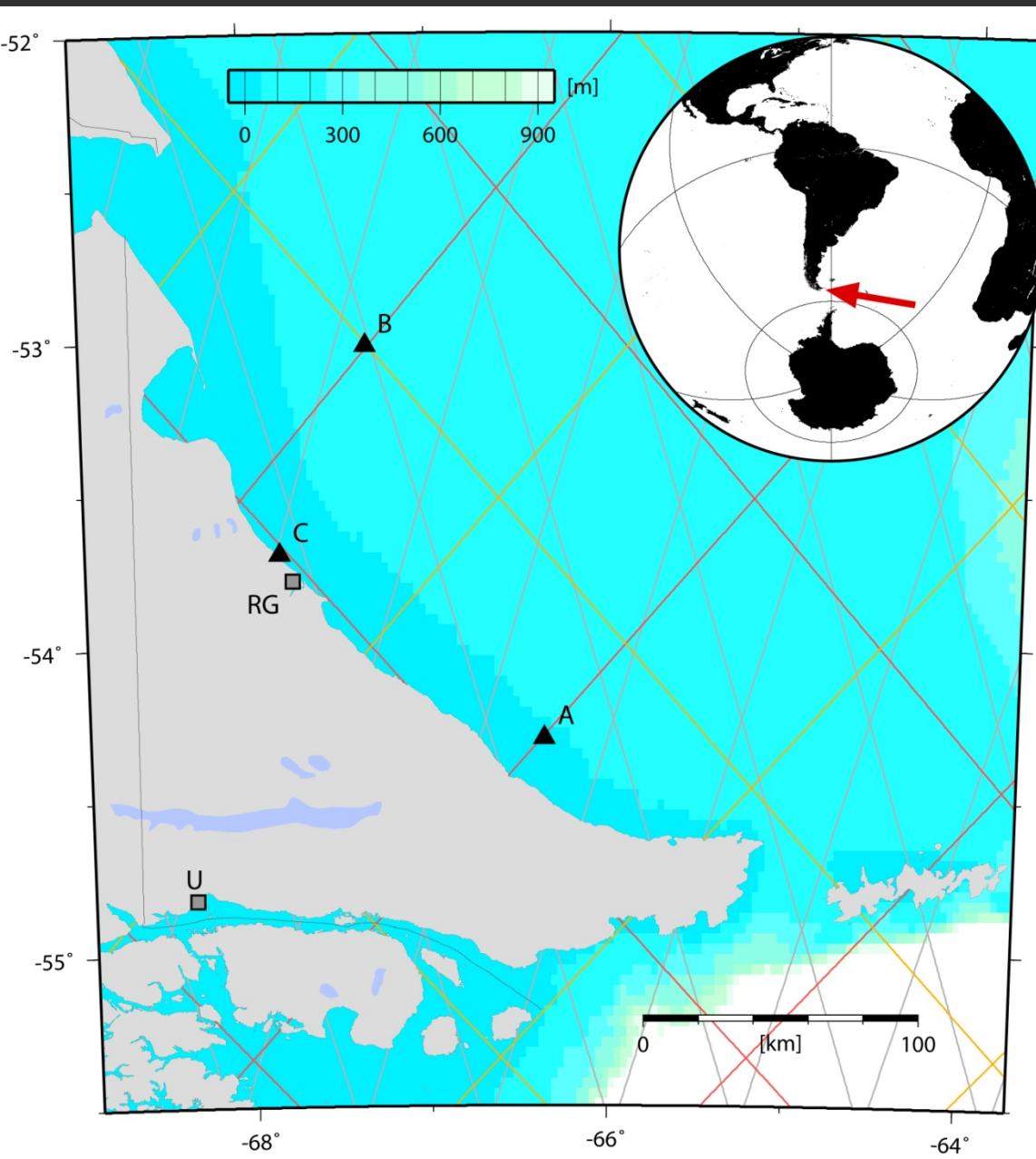
- variación de SSH instantanea:
 - modelos de mareas
 - efectos adicionales



SSH: · validación altimetría satelital

- variación de SSH instantanea:
 - modelos de mareas
 - efectos adicionales

Validación modelos de mareas



mareógrafos de presión

AANDERAA WLR 7

variación nivel del mar

→ parámetros armónicos
de la señal de mareas

en 3 sitios:

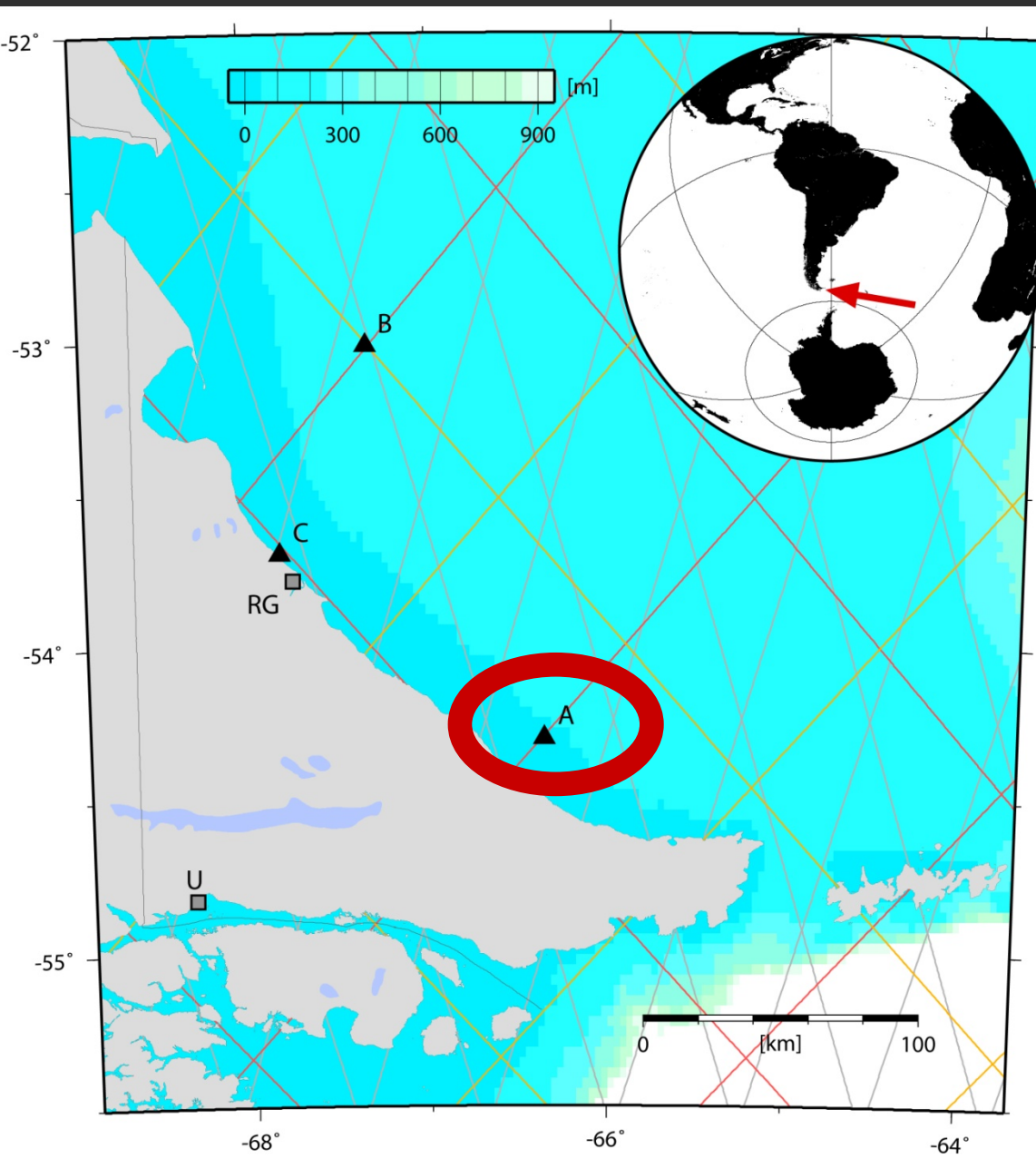
A: 7 meses, 99 component.

B: 5 meses, 96 component.

C: 1 mes, 52 componentes

→ **comparación con
modelos globales
de mareas**

Validación modelos de mareas



mareógrafos de presión

AANDERAA WLR 7

variación nivel del mar

→ parámetros armónicos
de la señal de mareas

en 3 sitios:

A: 7 meses, 99 component.

B: 5 meses, 96 component.

C: 1 mes, 52 componentes

→ **comparación con
modelos globales
de mareas**

Validación modelos de mareas

[mm] / [°]	EOT08a		EOT11a		FES2004		GOT4.7		TPX07.2	
Q1	-0.7	0.1	-0.5	5.6	-1.3	-1.5	0.9	3.3	-0.1	-0.2
O1	-7.6	1.4	-2.2	-0.3	-6.0	0.9	-6.4	-0.5	-6.8	0.6
P1	-2.1	-2.8	2.8	-3.7	6.9	3.2	4.3	1.3	-4.5	-7.0
K1	-11.7	0.6	-4.4	0.0	-5.0	1.1	-11.4	3.7	-13.2	1.8
N2	-22.4	-0.3	-11.2	-0.1	-23.1	-0.2	1.1	5.9	4.8	-0.8
M2	13.7	-0.3	8.3	-0.7	18.7	-0.3	-55.9	4.7	18.5	-1.3
S2	3.8	-4.9	-13.9	-5.2	13.3	-4.9	-37.2	1.6	-5.1	-3.5
K2	6.7	-14.8	-1.9	-12.3	15.3	-16.9	-5.9	-6.1	-0.8	-3.2
M4	49.1	9.6	24.9	7.0	61.9	10.9	-33.7	20.4	-1.0	-3.9

Sitio A: Diferencias modelo – obs. de amplitudes y *fases*

Richter et al. 2012 CSR

Validación modelos de mareas

[mm] / [°]	EOT08a		EOT11a		FES2004		GOT4.7		TPX07.2	
Q1	-0.7	0.1	-0.5	5.6	-1.3	-1.5	0.9	3.3	-0.1	-0.2
O1	-7.6	1.4	-2.2	-0.3	-6.0	0.9	-6.4	-0.5	-6.8	0.6
P1	-2.1	-2.8	2.8	-3.7	6.9	3.2	4.3	1.3	-4.5	-7.0
K1	-11.7	0.6	-4.4	0.0	-5.0	1.1	-11.4	3.7	-13.2	1.8
N2	-22.4	-0.3	-11.2	-0.1	-23.1	-0.2	1.1	5.9	4.8	-0.8
M2	13.7	-0.3	8.3	-0.7	18.7	-0.3	-55.9	4.7	18.5	-1.3
S2	3.8	-4.9	-13.9	-5.2	13.3	-4.9	-37.2	1.6	-5.1	-3.5
K2	6.7	-14.8	-1.9	-12.3	15.3	-16.9	-5.9	-6.1	-0.8	-3.2
M4	49.1	9.6	24.9	7.0	61.9	10.9	-33.7	20.4	-1.0	-3.9
mean	-1.1	-2.4	-0.3	-2.2	9.2	-2.6	-7.3	-0.4	6.7	-1.1
$\Delta H(t)_m$	12.3		12.2		12.4		16.4		11.2	

Sitio A: Diferencias modelo – obs. de amplitudes y fases

Richter et al. 2012 CSR

Validación modelos de mareas

[mm] / [°]	EOT08a		EOT11a		FES2004		GOT4.7		TPX07.2	
Q1	-0.7	0.1	-0.5	5.6	-1.3	-1.5	0.9	3.3	-0.1	-0.2
O1	-7.6	1.4	-2.2	-0.3	-6.0	0.9	-6.4	-0.5	-6.8	0.6
P1	-2.1	-2.8	2.8	-3.7	6.9	3.2	4.3	1.3	-4.5	-7.0
K1	-11.7	0.6	-4.4	0.0	-5.0	1.1	-11.4	3.7	-13.2	1.8
N2	-22.4	-0.3	-11.2	-0.1	-23.1	-0.2	1.1	5.9	4.8	-0.8
M2	13.7	-0.3	8.3	-0.7	18.7	-0.3	-55.9	4.7	18.5	-1.3
S2	3.8	-4.9	-13.9	-5.2	13.3	-4.9	-37.2	1.6	-5.1	-3.5
K2	6.7	-14.8	-1.9	-12.3	15.3	-16.9	-5.9	-6.1	-0.8	-3.2
M4	49.1	9.6	24.9	7.0	61.9	10.9	-33.7	20.4	-1.0	-3.9
mean	-1.1	-2.4	-0.3	-2.2	9.2	-2.6	-7.3	-0.4	6.7	-1.1
$\Delta H(t)_m$	12.3		12.2		12.4		16.4		11.2	

Sitio A: Diferencias modelo – obs. de amplitudes y fases

Validación modelos de mareas

Comparación de modelos:

EOT08a, FES2004, GOT4.7, TPX07.1

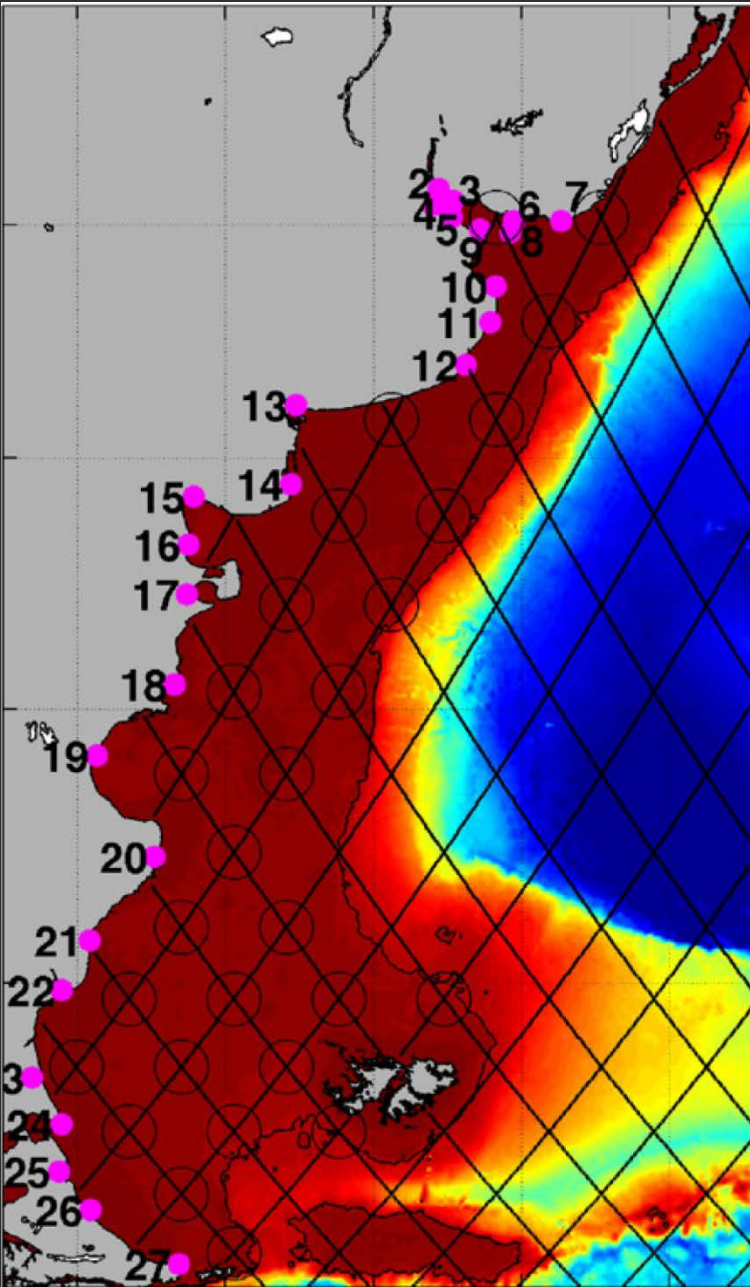
con señal de mareas observada en:

- **26 mareógrafos (costa)**
- **28 intersecciones Jason 1/2, T/P**
(plataforma continental)

Indicadores:

RMS_{M2}

RSS *root sum square* : **M2, N2, S2, K1, O1**



Validación modelos de mareas

	[cm]	EOT08a	FES2004	GOT4.7	TPX07.1
Costa	RMS_{M2}	18.0	19.2	20.2	19.3
	RSS	26.2	24.5	31.6	29.2
Plata-forma	RMS_{M2}	3.9	6.0	6.0	2.4
	RSS	5.6	7.9	7.2	4.1

Saraceno et al. 2012 CSR

Validación modelos de mareas

	[cm]	EOT08a	FES2004	GOT4.7	TPX07.1
Costa	RMS _{M2}	18.0	19.2	20.2	19.3
	RSS	26.2	24.5	31.6	29.2
Plataforma	RMS _{M2}	3.9	6.0	6.0	2.4
	RSS	5.6	7.9	7.2	4.1

Saraceno et al. 2012 CSR

Validación modelos de mareas

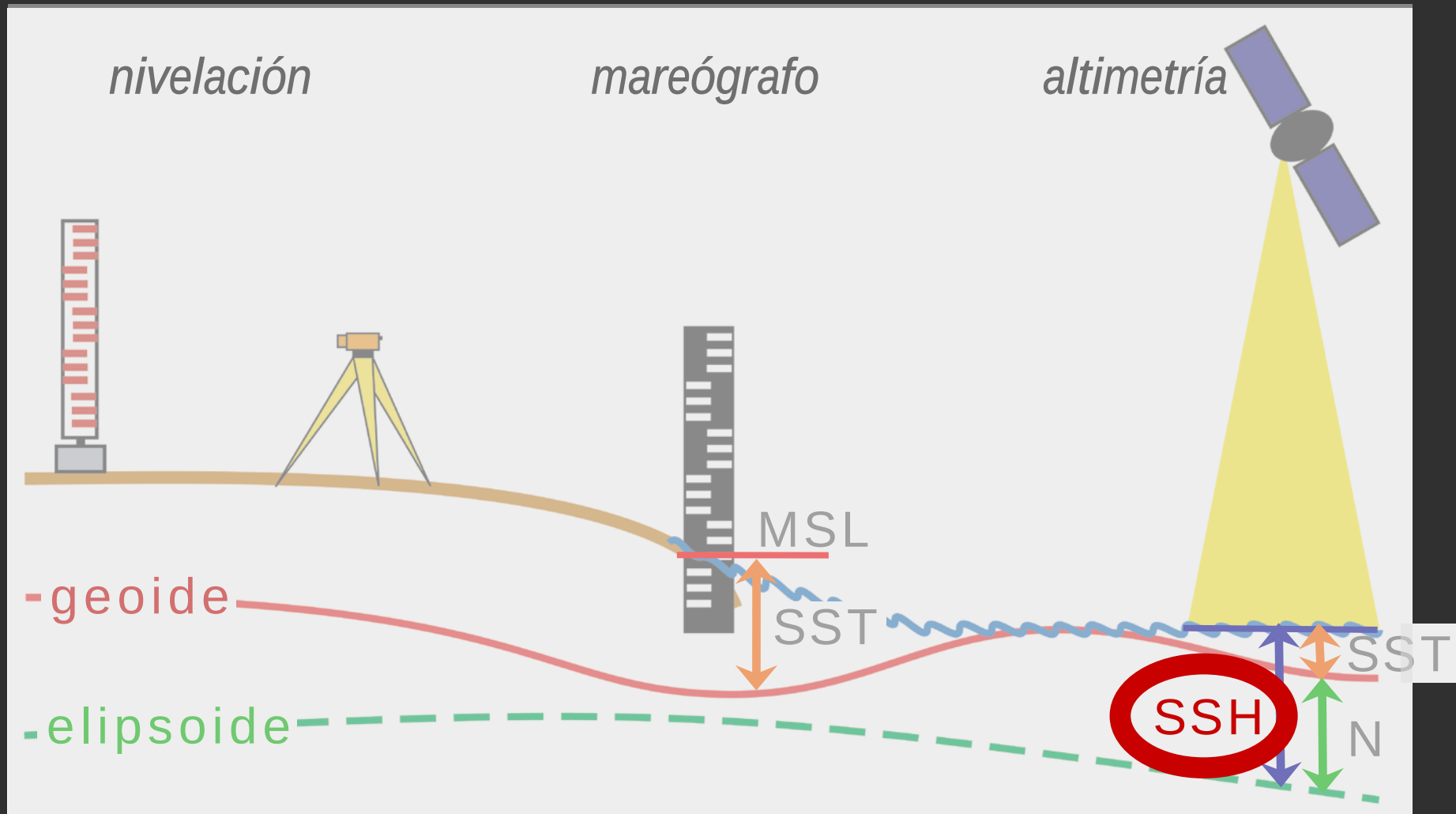
	[cm]	EOT08a	FES2004	GOT4.7	TPX07.1
Costa	RMS _{M2}	18.0	19.2	20.2	19.3
	RSS	26.2	24.5	31.6	29.2
Plata-forma	RMS _{M2}	3.9	6.0	6.0	2.4
	RSS	5.6	7.9	7.2	4.1

Saraceno et al. 2012 CSR

Conclusiones:

- Recomendación uso modelos EOT11a, EOT08a, TPX07.1
- Cerca de costa modelos menos precisos
- Precisión modelos ~ precisión altimetría

Variación de SSH – otros efectos



SSH: · validación altimetría satelital

- variación de SSH instantánea:
 - modelos de mareas
 - efectos adicionales

Variación de SSH – otros efectos

Variación de SSH (sitios A, B):

Mareas:

99.5% de energía total ($\sigma \approx 175$ cm)

Variación de SSH – otros efectos

Variación de SSH (sitios A, B):

Mareas:

99.5% de energía total ($\sigma \approx 175$ cm)

Efectos atmosféricos:

respuesta a cambios de presión atmosférica:

modelo del barómetro inverso local válido

65% de energía residual ($\sigma \approx 10$ cm)

Variación de SSH – otros efectos

Variación de SSH (sitios A, B):

Mareas:

99.5% de energía total ($\sigma \approx 175$ cm)

Efectos atmosféricos:

respuesta a cambios de presión atmosférica:

modelo del barómetro inverso local válido

65% de energía residual ($\sigma \approx 10$ cm)

vientos, gradiente de presión atmosférica:

correlación no significativa

Variación de SSH – otros efectos

Variación de SSH (sitios A, B):

Mareas:

99.5% de energía total ($\sigma \approx 175$ cm)

Efectos atmosféricos:

respuesta a cambios de presión atmosférica:

modelo del barómetro inverso local válido

65% de energía residual ($\sigma \approx 10$ cm)

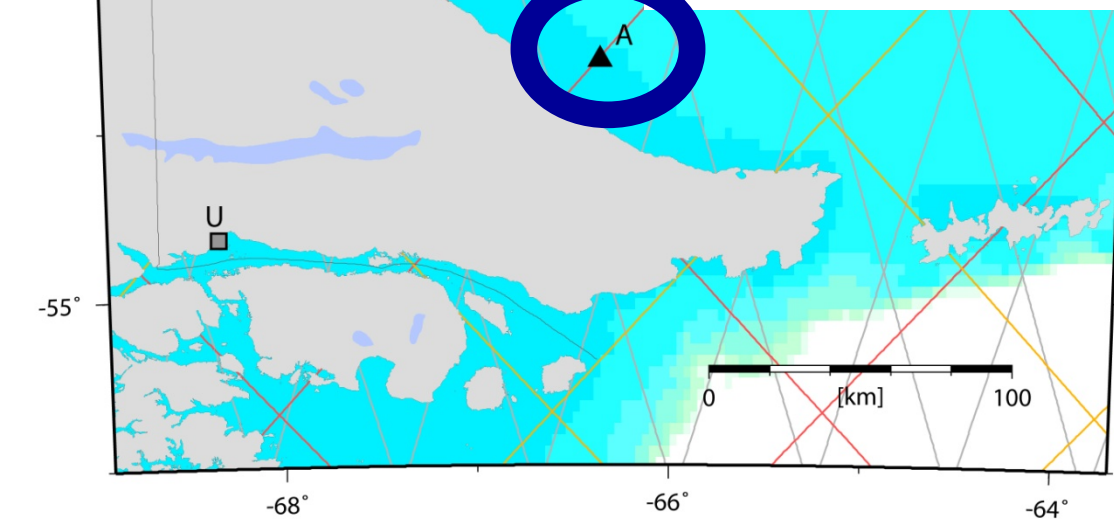
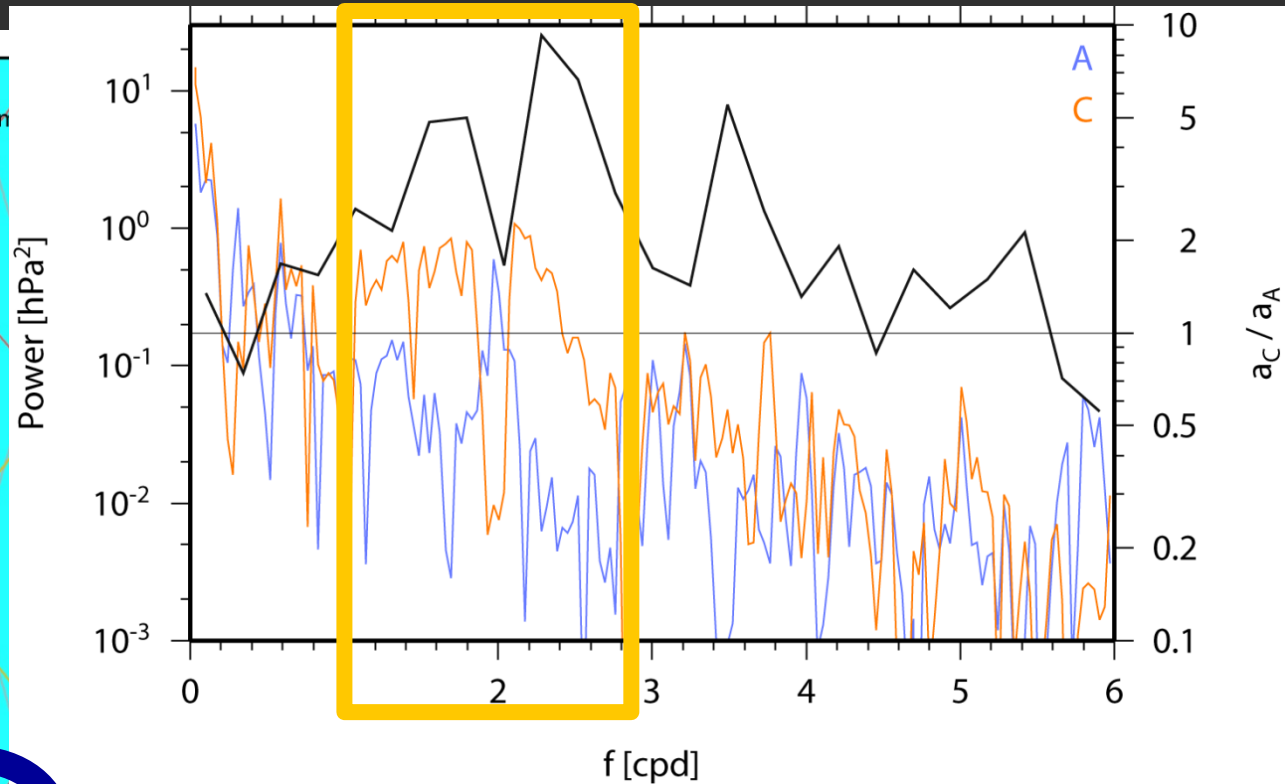
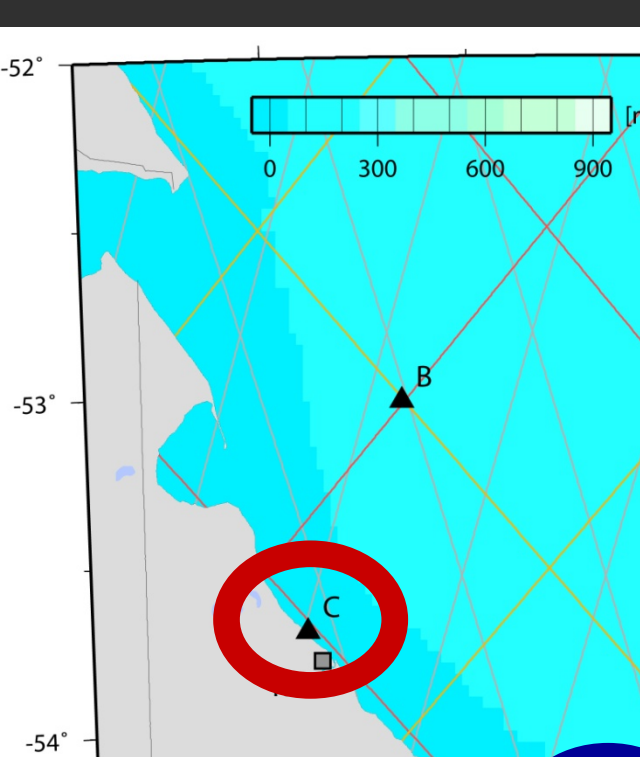
vientos, gradiente de presión atmosférica:

correlación no significativa

Modulación topográfica cerca de la costa !

comparación variabilidad entre sitios A vs C

Variación de SSH – otros efectos



- Variación simultánea en sitios A & C
- En sitio costero C variación amplificada!

Perspectivas & Desafíos

Perspectivas & Desafíos

+ Altimetría satelital + modelos de mareas

permiten determinación de SSH con precisión de pocos cm

Perspectivas & Desafíos

- + **Altimetría satelital + modelos de mareas**

permiten determinación de SSH con precisión de pocos cm

- + **Buena base para determinación de SST**

potencial para la unificación del datum vertical

Perspectivas & Desafíos

- + **Altimetría satelital + modelos de mareas**

permiten determinación de SSH con precisión de pocos cm

- + **Buena base para determinación de SST**

potencial para la unificación del datum vertical

- **Precisión de SST**

depende también de calidad de modelos de geoide

Perspectivas & Desafíos

- + **Altimetría satelital + modelos de mareas**

permiten determinación de SSH con precisión de pocos cm

- + **Buena base para determinación de SST**

potencial para la unificación del datum vertical

- **Precisión de SST**

depende también de calidad de modelos de geoide

- **Dificultades en zonas costeras**

hidrodinámica particular, amplificación de mareas

fuertes gradientes de η y SST

limitaciones datos altimetría satelital

Perspectivas & Desafíos

→ **Importancia de estudios regionales
del nivel del mar**

Perspectivas & Desafíos

→ **Importancia de estudios regionales del nivel del mar**

integrando distintos métodos

(altimetría, mareógrafos, GPS, nivelación, gravimetría, modelos)

con enfoque a cercanía de la costa (~20 km)

Perspectivas & Desafíos

→ **Importancia de estudios regionales del nivel del mar**

integrando distintos métodos

(altimetría, mareógrafos, GPS, nivelación, gravimetría, modelos)

con enfoque a cercanía de la costa (~20 km)

Beneficios:

1. Unificación del datum vertical
2. Validación regional de fuentes de datos globales
(contribución científica)

¡Gracias!

