

# ***Posicionamiento puntual preciso con receptores GPS geodésicos***

***C. Brunini, M. Gende, F. Azpilicueta***

*Geodesia Espacial y Aeronomía*

*Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas*

*Universidad Nacional de La Plata*

CONICET

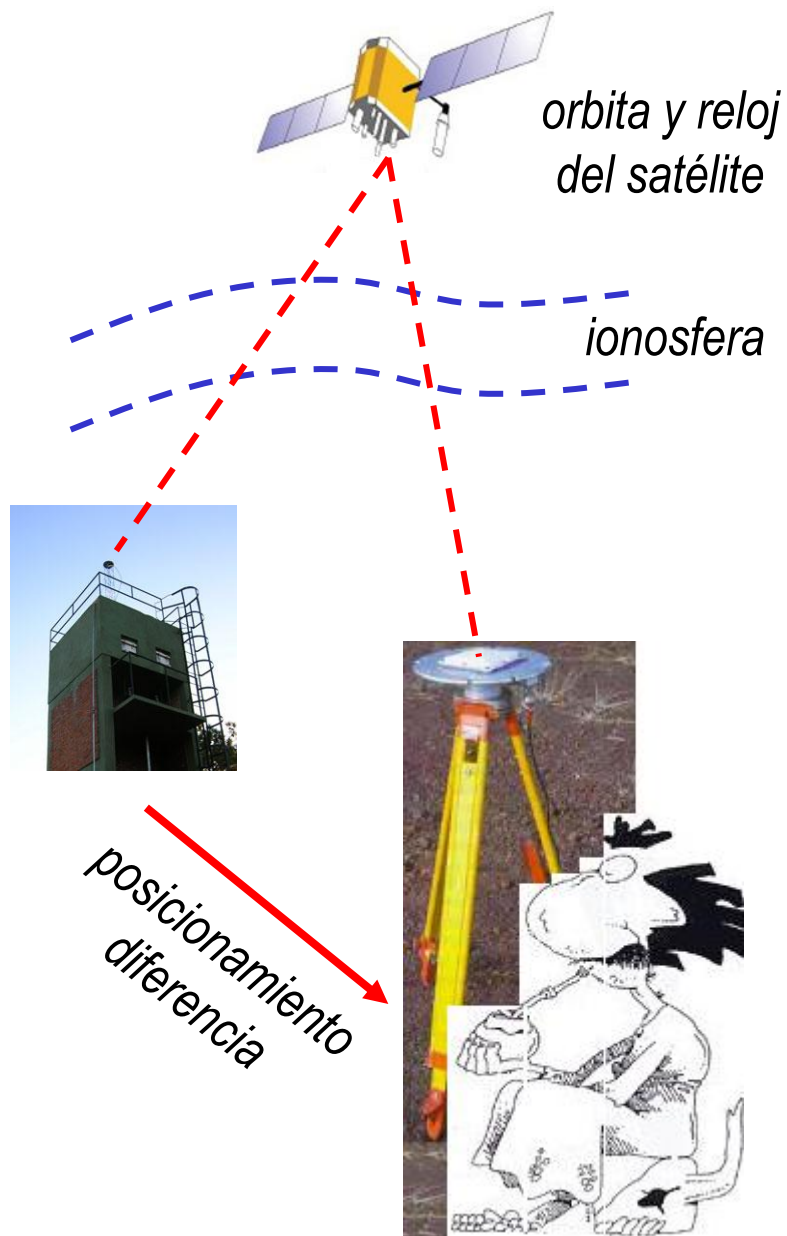
Argentina



*Reunión SIRGAS*

*8 al 10 de agosto de 2011*

*Heredia, Costa Rica*



## Introducción

**Posicionamiento diferencial** (ej. Bernese): eliminar los errores del reloj del satélite.

**Pos-procesamiento:** utilizar efemérides precisas ( 2.5 cm) y relojes precisos ( 75 ps ~ 2.5 cm).

**Posicionamiento estático:** las incógnitas permanecen constantes.

**Tiempo de medición:** resolver ambigüedades de fase.

**Doble frecuencia:** eliminar el error ionosférico (99.9%).

## Objetivo

Posicionamiento **puntual**, en **tiempo casi-real**, de un punto **estático o en movimiento**, utilizando:

- efemérides ( 3 cm) y relojes ( 150 ps ~ 4.5 cm) ultra-rápidos (3-9 hs de demora) del IGS;
- receptores de doble frecuencia y código P.

Reducir el tiempo necesario para resolver ambigüedades utilizando la infraestructura y productos SIRGAS.

# Sistema de ecuaciones de observación para el método clásico

Utilizando las combinaciones libre de ionosfera de fases y de códigos:

$$P_c = \frac{f_1^2 \cdot P_1 - f_2^2 \cdot P_2}{f_1^2 - f_2^2} \quad L_c = \frac{f_1^2 \cdot L_1 - f_2^2 \cdot L_2}{f_1^2 - f_2^2}$$

$$L_c^i + c \cdot dt^i - \rho_0^i = -\mathbf{e}_0^i \cdot \mathbf{r} - \mathbf{r}_0 + c \cdot dt + M^i \cdot \delta T + B_c^i + \frac{c}{f_1 + f_2} \cdot w + \varepsilon_{L_c}^i$$

satélite / observable / vel. luz:  $L_c^i$   
 distancia calculada:  $\rho_0^i$   
 posición RX aprox:  $\mathbf{r}_0$   
 func map:  $M^i$   
 ambigüedad:  $B_c^i$   
 wind-up:  $w$   
 ruido:  $\varepsilon_{L_c}^i$   
 cos:  $\mathbf{e}_0^i$   
 posición RX:  $\mathbf{r}$   
 reloj RX:  $dt$   
 reloj SV:  $dt^i$   
 tropo:  $\delta T$

$$P_c^i + c \cdot dt^i - \rho_0^i = -\mathbf{e}_0^i \cdot \mathbf{r} - \mathbf{r}_0 + c \cdot dt + M^i \cdot \delta T + \varepsilon_{P_c}^i$$

En cada época de medición:  $2 N_s$  observaciones ( $N_s = SV$  observados) y  $6 + N_s$  incógnitas:

- $\mathbf{r} \ dt$  posición y reloj del RX (4 incógnitas) → ruido blanco
- $\delta T \ w$  tropósfera y wind-up (2 incógnitas) → random walk
- $B_c^i$  ambigüedades (2  $N_s$  incógnitas) → constantes si no ocurren saltos de ciclos o ruido blanco si ocurre un salto de ciclo

filtro Klamán



## Mejorar la redundancia del sistema de ecuaciones de observaciones

De acuerdo con (Juan et al., Enhanced precise point positioning for GNSS users, Trans Geosc & Rem Sens, en prensa), *si somos capaces de calcular con un modelo sTEC precisos*, las combinaciones Melbourne-Wöbbena y libre de geometría agregan  $2 \times N_s$  nuevas ecuaciones  $N_s + 1$  nuevas incógnitas:

$$L_w - P_n = \frac{f_1 \cdot L_1 - f_2 \cdot L_2}{f_1 - f_2} - \frac{f_1 \cdot P_1 + f_2 \cdot P_2}{f_1 + f_2} \quad L_I = L_1 - L_2$$

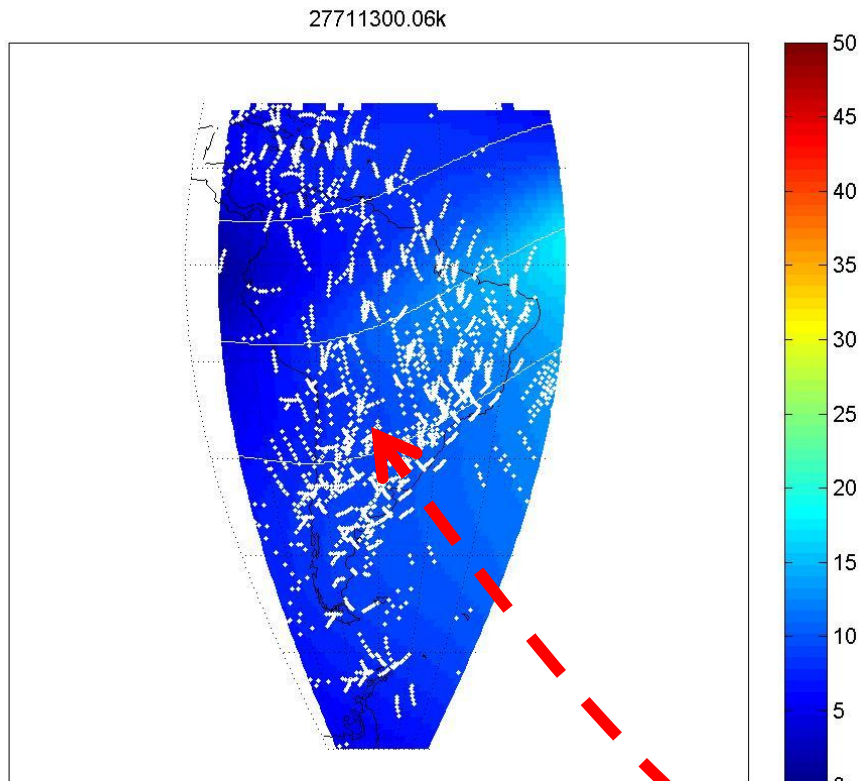
$$L_w^i - P_n^i + \frac{f_1 \cdot f_2}{f_1^2 - f_2^2} \cdot \beta^i = \overset{\text{retardo SV}}{\underset{\text{ambigüedad}}{B_w^i}} - \frac{f_1 \cdot f_2}{f_1^2 - f_2^2} \cdot \overset{\text{retardo RX}}{\beta} + \varepsilon_{L_w P_n}^i$$

$$L_I^i - \text{sTEC}^i = \frac{f_1^2 - f_2^2}{f_1 \cdot f_2} \cdot B_w^i - B_c^i + c \cdot \frac{f_1^2 - f_2^2}{f_1 \cdot f_2} \cdot w + \varepsilon_{L_I}$$



# Caso de estudio

La operatividad en tiempo casi-real fue simulada en el laboratorio



transmisión al  
usuario de  
información  
ionosférica, de  
órbitas y relojes



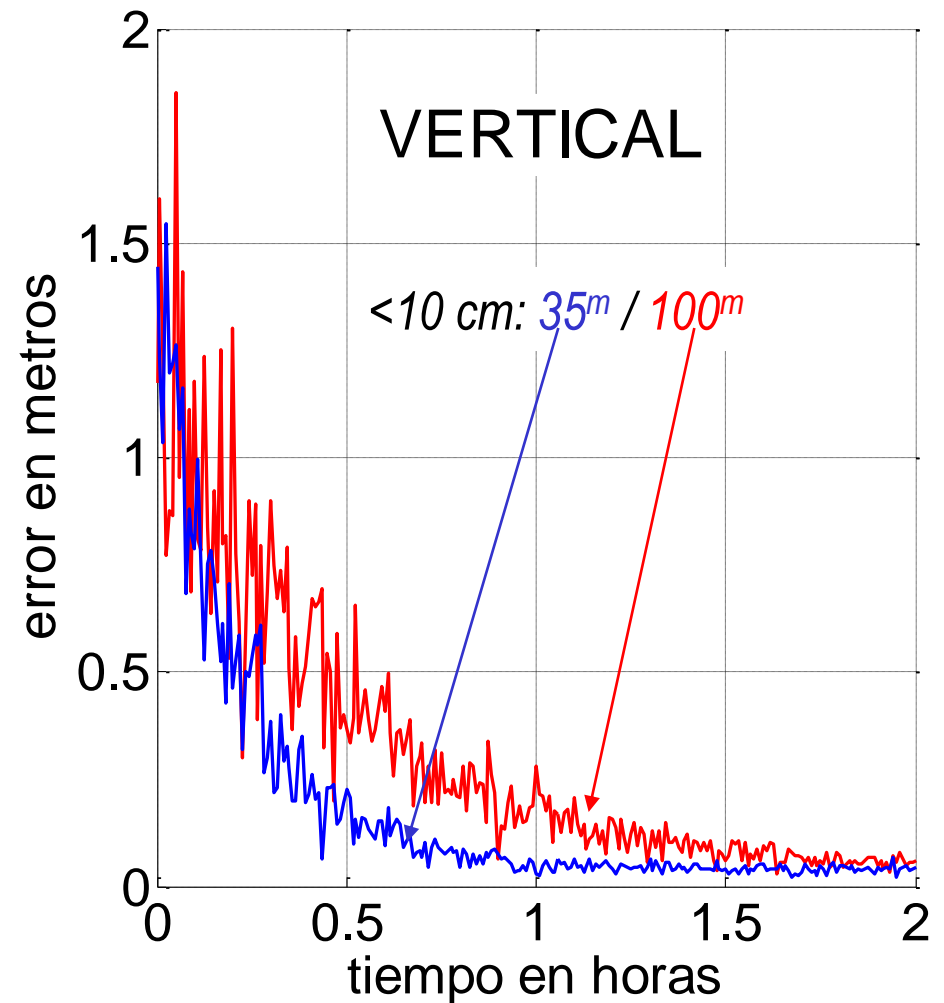
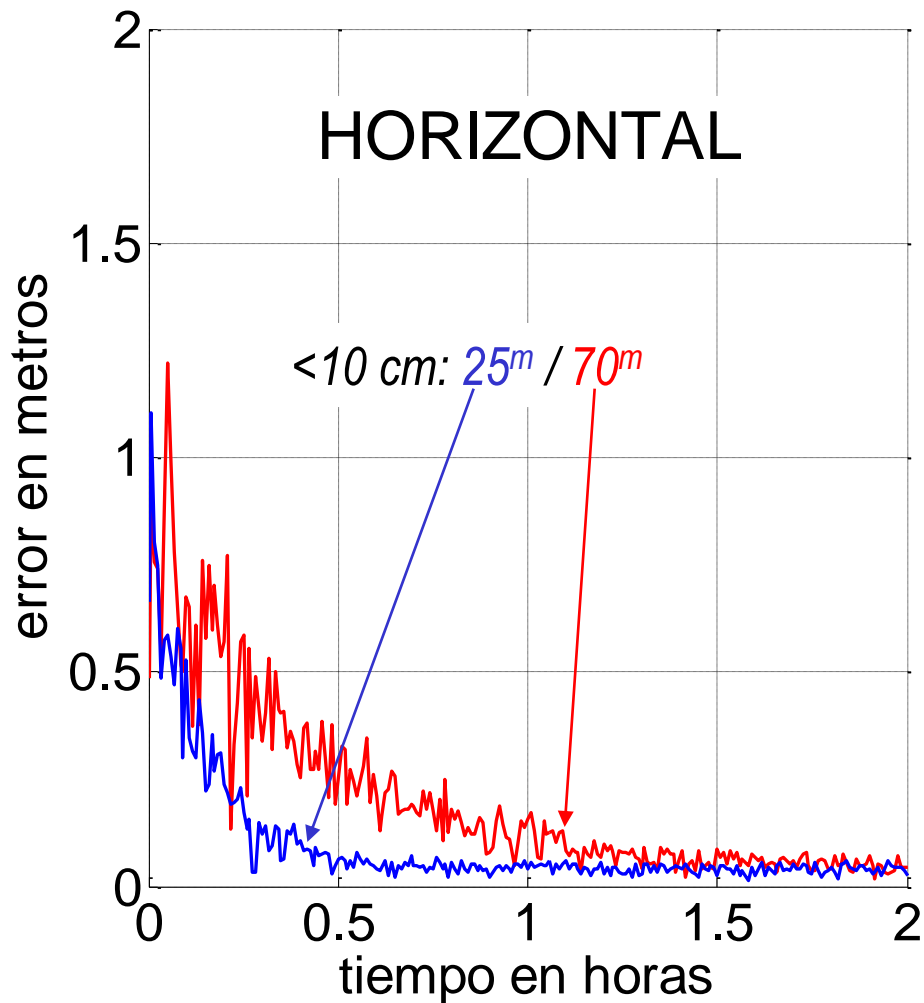
mapas ionosfericos de SIRGAS  
un mapa cada 5<sup>m</sup> durante los  
días 277 y 278 de 2010

Usuario fijo o en movimiento  
(a 200 km de la estación  
SIRGAS más cercana)



# Resultados

48 intervalos de dos horas cada uno, se muestra solo un ejemplo: *clásico* vs. *innovativo*



## Conclusiones

*Se ha mostrado la posibilidad de utilizar los mapas ionosférico regionales de SIRGAS en combinación con las órbitas y relojes ultra-rápidos del IGS, para reducir el tiempo necesario para obtener posicionamiento puntual preciso y en tiempo casi-real de un receptor GPS (doble frecuencia y código P) estático o en movimiento.*

*El tiempo de medición necesario para lograr una exactitud mejor que 10 cm en las componentes horizontales se reduce de 70 a 25 minutos y de 100 a 35 minutos para la componente vertical.*

*Para trasladar la experiencia del laboratorio a la vida real es necesario:*

- mejorar las facilidades disponibles en el Centro de Análisis Ionosférico de SIRGAS.*
- disponer de los medios de comunicación necesarios;*
- disponer del software de procesamiento en los receptores.*

*En el futuro inmediato:*

- realizaremos experimentos en otros sitios del continente y con diferentes condiciones de observación;*
- trabajaremos para perfeccionar el algoritmo de procesamiento.*

**¡Muchas gracias!**

