

EL FUTURO DEL SISTEMA GPS COMO BASE PARA LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN

Ing Agr Axel von Martini

Proyecto Agricultura de Precisión – INTA Manfredi

El nuevo sistema de manejo planteado por el concepto de manejo sitio específico de los cultivos a través de las herramientas de Agricultura de Precisión, depende en gran medida de la utilización de algún sistema de posicionamiento. El hecho de agregar una variable espacial a los datos, análisis y manejo de los cultivos implica que de alguna manera debemos agregar coordenadas a cada uno de los pasos realizados en el manejo sitio específico. Actualmente esta función es llevada a cabo mediante el Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Inclusive en el caso de las aplicaciones variables de insumos con sensores en tiempo real, que no necesitan de un sistema de posicionamiento para realizar la dosificación, sino lo hacen en función de lecturas realizadas del suelo o el cultivo, es también necesario el GPS para evaluar el desempeño de la aplicación, realizando un mapa de lecturas y un mapa de aplicación para poder comparar posteriormente con el rendimiento y/o calidad. Todo ello plantea una alta dependencia de algún sistema de posicionamiento, actualmente el GPS. En este trabajo se planteará la precisión esperable en la actualidad del GPS autónomo, o Sistema de Posicionamiento Standard GPS, SPS GPS, (sin ningún tipo de corrección), y la precisión futura a partir del plan de modernización del sistema.

PRECISIÓN ACTUAL ESPERABLE DEL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO STANDARD GPS

Los receptores GPS autónomos, o receptores SPS GPS, se caracterizan por calcular las posiciones a través del código C/A en una sola frecuencia, L1. Los errores en el modelo de GPS de simple frecuencia son función principalmente de la densidad del flujo solar y sus interacciones con el campo magnético de la Tierra y la atmósfera superior. Esta variable contribuye al retardo de la señal emitida por los satélites en la ionósfera que es la principal fuente de error de estos receptores. En la Figura 1 se puede observar la contribución al error de las diferentes variables.

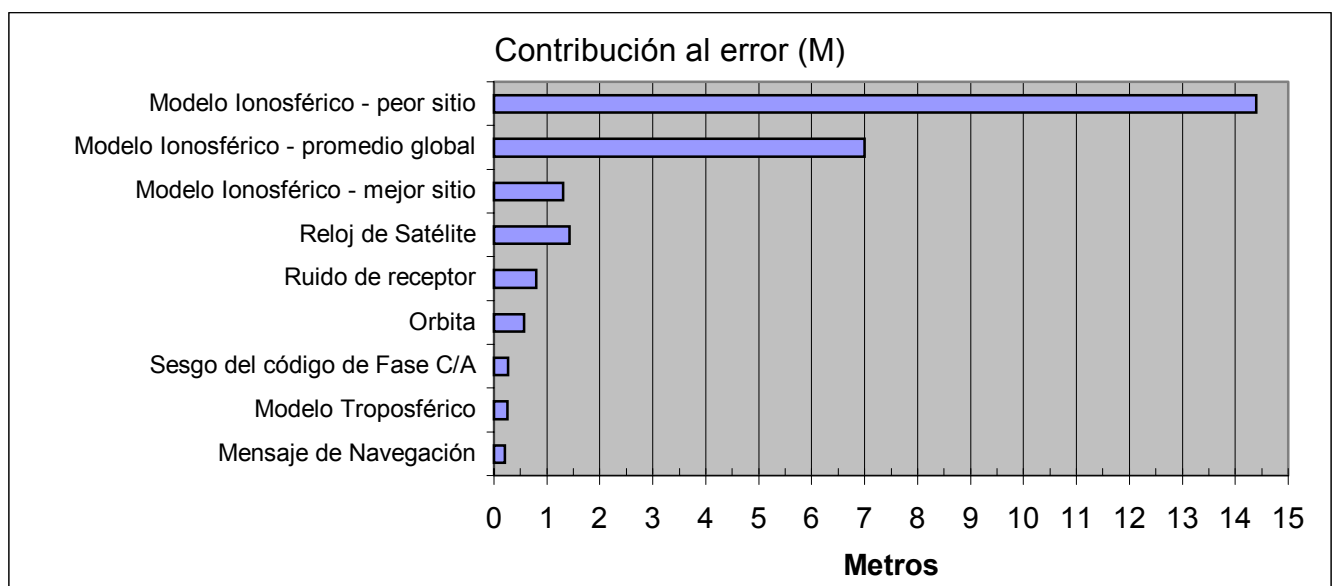
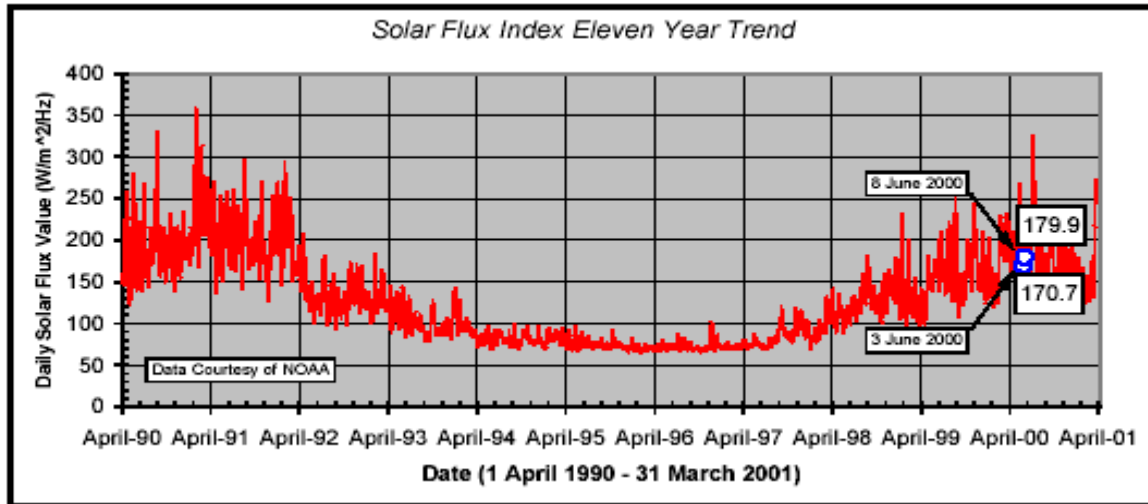


Figura 1: Contribuciones al error del sistema de Posicionamiento Standard, estos valores son medidos el día 8 de Junio de 2000. Fuente: GPS SPS Performance Standard, Departamento de Defensa, EEUU, Octubre 2001.

Como se puede observar en el Cuadro N°1, la principal fuente de error es el Modelo Ionosférico, presentando este una variabilidad importante en diferentes localizaciones en el mundo. El promedio global para esta fecha es de 7 metros, con un máximo en el peor sitio de 14,4 metros y un mínimo de 1,3 metros. Es importante destacar que se eligió la fecha del 8 de Junio de 2000 por estar ubicada en un momento típico de máximo flujo solar, por ende de máximo error ionosférico. El flujo solar varía en ciclos de 11 años como se puede observar en la Figura 2.

Figura 2. *Ciclo de 11 años en la variación del índice de flujo solar. Fuente: GPS SPS Performance Standard, Departamento de Defensa, EEUU, Octubre 2001.*



Además la precisión varía de manera importante en diferentes partes del mundo. La precisión alrededor del Ecuador fue significativamente menor que la observada en latitudes medias a altas. También existen variaciones longitudinales pero estas presentan menor variabilidad que las latitudinales, como se puede observar en la Figura 3.

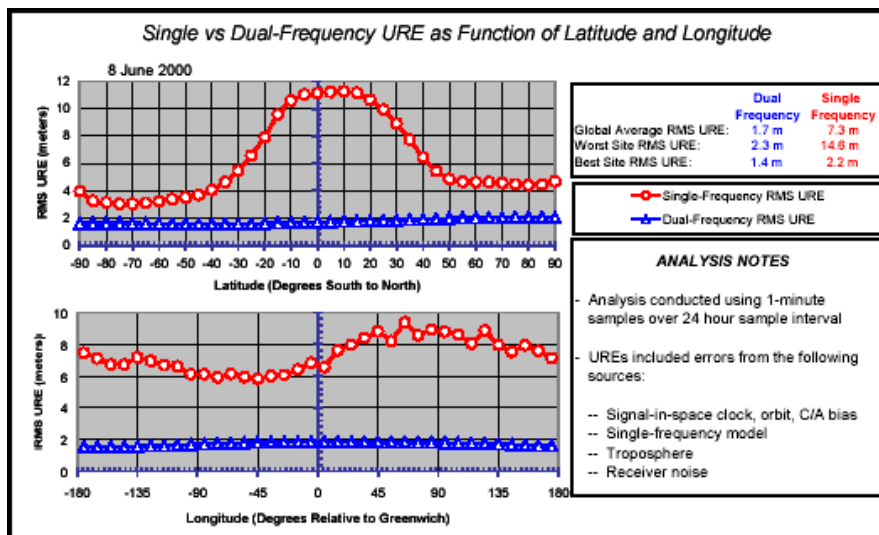
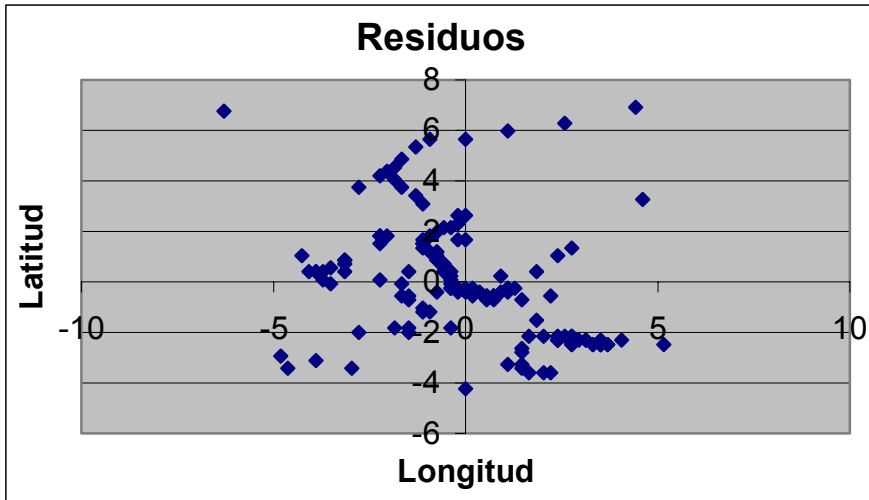


Figura 3. *Variaciones en latitud y en longitud en la precisión de GPS SPS, simple frecuencia (en rojo)*

En una prueba realizada en la EEA INTA Manfredi, con un receptor GPS SPS, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Error en el plano (2drms): 3,31 metros
- Error en 3 dimensiones (SEP): 7,21 metros
- Máxima distancia entre puntos: 14,7 metros



Medición realizada con receptor Magellan 315, durante 24 horas grabando 1 posición cada 10 minutos.

Fecha: 3-11-02

Lugar: EEA INTA Manfredi (-31,86° Lat)

FUTURO DEL SISTEMA GPS

El Departamento de Defensa de EEUU, mantendrá una constelación nominal de 24 satélites, es decir que en todo momento habrá como mínimo 24 satélites orbitando. Los satélites de reposición se lanzarán anticipados a su necesidad, por ende puede suceder que en algunos momentos haya más de 24 satélites en funcionamiento, pero por períodos entre el lanzamiento de reemplazos y el final de la vida útil de los satélites a reemplazar. El departamento de defensa se compromete además a comunicar con 48 horas de anticipación, en tiempo de paz, de cualquier interrupción programada del GPS.

Existe además un programa de modernización del GPS, cuyos objetivos son: mejorar la precisión en posición y tiempo, mayor disponibilidad, capacidad de monitoreo integral del sistema y mejoras al sistema de control. A medida que se lleven a cabo estas mejoras los receptores anteriores van a seguir funcionando pero únicamente con la precisión actual o levemente mejor, para aprovechar la mejor performance del sistema se deberá modificar los receptores existentes o comprar equipamiento nuevo para aprovechar las ventajas completas de las nuevas estructuras de señal.

La modernización del sistema GPS es un esfuerzo de varias fases a ser ejecutado en los próximos 15 años. Se planea agregar señales adicionales tanto de uso civil como de uso militar. La primera nueva señal va a ser el código C/A en la portadora ya existente L2, lo que va a permitir a los receptores de uso civil de dos canales a corregir el error ionosférico. También se agregará una tercera señal civil en la frecuencia L5 (1176,45 MHz), que va a servir como señal redundante a la L1, con el objetivo proveer continuidad de servicio con precisiones para aproximación en usuarios de aviación.

Por lo menos 1 satélite con el código C/A en la frecuencia L2 va a estar en operación en órbita a más tardar en el 2003, La Capacidad Operacional Inicial (IOC), con 18 satélites en órbita está planeada para el 2008, y la Capacidad Operacional Total, con 24 satélites en órbita para el 2010. Por lo menos 1 satélite con capacidad operacional transmitiendo la nueva señal L5 está planeado para el 2005, con IOC para 2012 y FOC para 2014. Un cronograma completo de la modernización del GPS se puede observar en la Figura 4.

Con el agregado de las nuevas señales, en primer lugar el código C/A en la portadora L2, se incrementará en gran medida la precisión de los posicionamientos GPS SPS, al reducirse fuertemente la principal fuente de contribución al error que es el efecto ionosférico (ver Figura 1).

En el territorio de los Estados Unidos se están implementando además sistemas de aumento o de corrección diferencial en tiempo real, como WAAS, LAAS y NDGPS, pero no tendrán influencia en el Cono Sur de América.

Estados Unidos prioriza el desarrollo y mantenimiento del GPS, inclusive planteado como reemplazo gradual de otros sistemas de navegación existentes en su territorio, hasta convertirse en la

principal fuente de radionavegación, dejando solo algunos sistemas existentes como redundantes para evitar dependencia completa y la vulnerabilidad que ello implica. Esto indica una seguridad de la disponibilidad del sistema en el futuro, e inclusive un mejor desempeño del mismo.

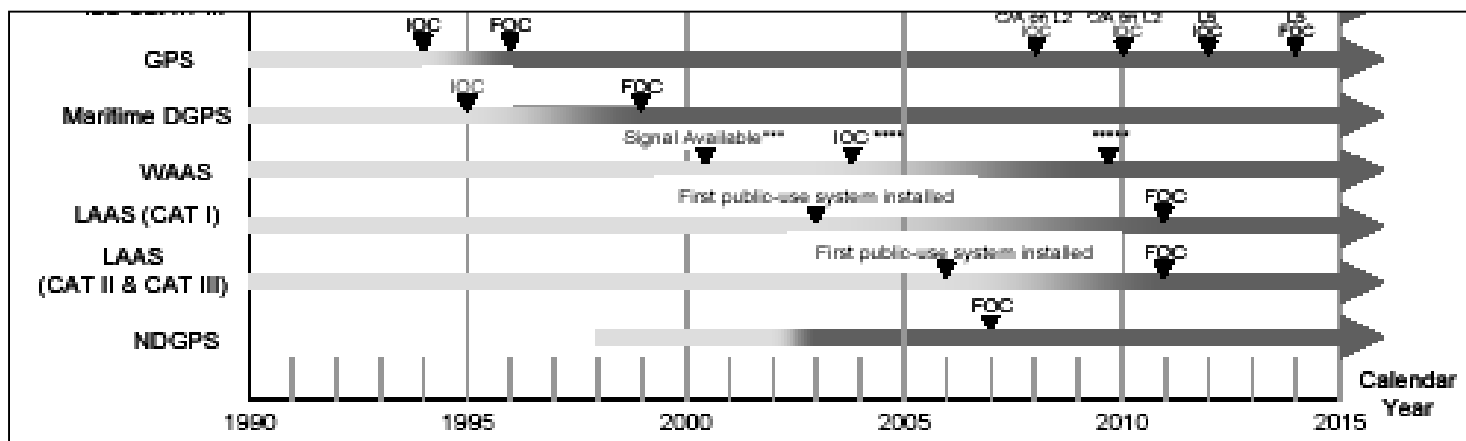


Figura 4. Cronograma de modernización del GPS.

APLICACIONES DEL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO STANDARD EN AGRICULTURA DE PRECISIÓN

En Agricultura de Precisión, tal como se plantea su aplicación práctica en Argentina, existen varias alternativas del proceso que pueden ser realizadas mediante GPS SPS, o autónomo, y en otras se debe utilizar aún algún tipo de corrección diferencial para lograr la precisión necesaria. En un futuro no muy lejano probablemente se pueda utilizar para prácticamente todas las operaciones de Manejo Sitio Específico, el GPS autónomo, salvo para la utilización en guía de maquinaria como el caso de banderilleros satelitales para pulverización terrestre y para siembra. Si bien ya existen banderilleros terrestres que no utilizan corrección diferencial externa, estos la realizan en un procedimiento interno de autocorrección con un punto de referencia tomado en el terreno.

Aplicaciones posibles de realizar con GPS autónomo

- Muestreo de suelo: cuando se realizan muestreos de suelo, o plantas, no es necesario obtener posiciones más precisas que las de un GPS autónomo, ya que la variabilidad que se intenta describir es mucho mayor espacialmente que el error de la posición. Inclusive cuando se realiza un muestreo de este tipo se debe siempre realizar muestras compuestas en un radio aproximado a los 10 metros, lo que implica que el valor del análisis de laboratorio refleja el estado del suelo o plantas en un sector y no en un punto específico. Se debe realizar la salvedad del caso que se quiera evaluar la evolución temporal de algún parámetro específico, y que exista la necesidad de volver exactamente al mismo lugar a muestrear periódicamente.

Para los muestreos dirigidos de suelo generalmente se utiliza solamente el receptor GPS, sin estar conectado a una computadora que reciba la información, como es el caso de la aplicación variable de insumos o el mapeo de rendimientos. Cuando se utiliza solamente el receptor como almacenador de datos o como navegador a posiciones cargadas previamente, se debe tener en cuenta además de la precisión del equipo, la sensibilidad o resolución, que está dada por la cantidad de decimales que expresa en las posiciones. La distancia que representa en el terreno 1 grado o minuto de latitud varía muy poco si nos movemos del Ecuador hacia los polos, porque los meridianos tienen todos aproximadamente el mismo largo. En el caso de la longitud, 1 grado o minuto representa distintas distancias sobre la tierra, según la latitud en que nos encontremos, debido a que la circunferencia de los paralelos se va achicando al alejarse del Ecuador hasta volverse 0 en los polos. La importancia de estos datos reside en que muchos receptores GPS solamente muestran las coordenadas como centésimos de

minuto o como segundos sin decimales. Esto se denomina sensibilidad o resolución del receptor y tiene implicancias importantes en el posicionamiento de puntos. Por ejemplo para la latitud de Manfredi (32°), Provincia de Córdoba, si tenemos las coordenadas de una muestra de suelo en grados minutos y segundos sin decimales, esas coordenadas representan en el terreno un rectángulo de 30,8 metros en latitud y 26,3 metros en longitud. En este caso la resolución del equipo es más limitante que la precisión misma del equipo. En cambio si la misma posición está expresada en grados, minutos, segundos y décimas de segundo, la resolución nos lleva a un rectángulo en el terreno de 3,08 x 2,63 metros, en cuyo caso ya no sería una limitante, ya que es menor al error del tipo de posicionamiento.

- Aplicación variable de insumos: en el caso de realizar aplicaciones variables de insumos en las que se determinan un número reducido de zonas con necesidades diferenciales de insumos, estas aplicaciones se pueden realizar en base a la posición de un GPS autónomo, ya que las variaciones o sitios dentro de un lote superan ampliamente en tamaño al error del receptor.
- Mapeo de rendimiento: en aquellos casos en los que no se disponga de un receptor con corrección diferencial, se puede utilizar como método alternativo receptores autónomos para realizar el mapeo de rendimiento. Esta metodología tiene algunas limitaciones pero es siempre mejor a no tener la información georeferenciada del rendimiento. Las limitaciones radican en que puede haber pasadas del mapa de rendimiento que se superponen unas con otras, generando un corrimiento del lugar real del dato. Además de afectar a la estética del mapa de rendimiento puede causar conclusiones erróneas a la hora de evaluar rendimientos muy puntuales dentro de lote, pero en el caso de realizar evaluaciones de la macrovariabilidad, estos errores se disimulan en gran medida. El peor de los casos en el error de los datos de rendimiento se va a dar en la medida que la recolección de los datos se aleje en el tiempo, vale decir cuando se deja de cosechar a la noche y se comienza al día siguiente, o cuando se compare mapas de rendimiento de un mismo lote en diferentes años. De todos modos estos corrimientos se pueden corregir en los software de análisis de mapas de rendimiento.

CONCLUSIONES

El GPS, del cual depende en gran medida el desarrollo y la aplicación de la Agricultura de Precisión continuará funcionando e inclusive se está trabajando para mejorar la precisión de los usos civiles del mismo.

El plan de modernización del GPS incluye en el corto plazo la inclusión de un nuevo código C/A en la portadora L2, que como principal contribución permitirá disminuir el error ionosférico, principal componente del error en la actualidad, logrando de esta manera posicionamientos standard de mayor precisión. Para poder aprovechar estas mejoradas capacidades del sistema se deberá actualizar los equipos existentes o cambiarlos por aquellos de nueva generación.

Para aplicaciones de la Agricultura de Precisión como el muestreo de suelo o plantas, la aplicación variable de insumos, y el mapeo de rendimientos es factible utilizar receptores autónomos, teniendo en cuenta algunas consideraciones sobre la precisión y los objetivos perseguidos en cuanto al tamaño de variabilidad sujeta al análisis.

REFERENCIAS

- GPS SPS Performance Standard, Departamento de Defensa, EEUU, Octubre 2001.
- 2001 Federal Radionavigation Plan, Departamento de Defensa y Departamento de Transporte, EEUU, Marzo 2001.
- 2001 Federal Radionavigation Systems, Departamento de Defensa y Departamento de Transporte, EEUU, Marzo 2001.
- Richard D. Fontana, Wai Cheung, and Tom Stansell, The Modernized L2 Civil Signal Leaping Forward in the 21st Century, GPS World September 2001.
- William J. Hughes Technical Center NSTB/WAAS T&E Team, Global Positioning System (GPS) Standard Positioning Service (SPS) Performance Analysis Report, Octubre 2002.