

Comprendiendo la geolocalización y navegación y su uso en Agricultura de Precisión

Se dice que el GPS gatilló la Agricultura de Precisión (PA), permitiendo que se generaran los primeros mapas de rendimiento. Esto puede que sea preciso o no, pero lo que es cierto es que los sistemas de geoposicionamiento global han potenciado la PA, ofreciendo hoy muchas aplicaciones muy rentables en manos de los agricultores, investigadores y otros miembros del sistema agrícola. Desde los primeros receptores de GPS (cerca de 1976) a los actuales sistemas de navegación satelital han pasado solo 40 años. En este período, los fabricantes han reducido los tamaños de los receptores en varias miles de veces, han bajado sus costos y excedido sus capacidades más allá de la imaginación. En esta segunda sección sobre Agricultura de Precisión vamos a descubrir cómo aprovechar las ventajas de los sistemas de posicionamiento y navegación en el marco de la PA. El Grupo de Investigación de AgrolCT & Agricultura de Precisión (GRAP) de la Universidad de Lleida Agrotecnio Center en Cataluña, España, nos tiene la historia.

EL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO más común en occidente es el GPS. Sin embargo, hay otros tres sistemas globales actualmente disponibles: el ruso GLONASS, el chino BeiDou y el recientemente activado sistema europeo GALILEO (en operación desde el 15 de diciembre de 2016). Por lo tanto, usar el término GPS implica descartar los otros tres. El término genérico es GNSS (global navigation satellite system) y debe ser usado para referirse a los receptores en general o a receptores que operan con más de un sistema. Los receptores modernos y precisos son hardware listos para recibir señales de más de

un GNSS ya que a medida que hay más satélites disponibles, se hace más preciso el posicionamiento. En la figura 1 izquierda mostramos uno de los primeros receptores de GPS militares usado para evaluar el sistema y validar otros equipos (como la unidad portátil en el centro). En la derecha, mostramos un receptor de GNSS miniatura (16x16x6.8 mm, antena incluida) que puede recibir señales de radio desde satélites de las constelaciones GPS, GLONASS, GALILEO y BeiDou.

¿CUÁNDO SE USA GNSS?

Los sistemas satelitales de navegación global consisten en tres

subsistemas llamados segmentos: 1) el segmento espacial; 2) el segmento control y 3) el segmento usuario. El segmento espacial incluye la constelación de satélites orbitando el globo (de ahí viene la palabra global). El número de planos orbitales y de satélites y su altura es ligeramente diferente para cada uno de los cuatro GNSS. El segmento control incluye todos los elementos basados en el suelo para monitorear y controlar el segmento espacial. Finalmente, hay un segmento usuario, que incluye los receptores, las antenas y sus aplicaciones. Como ya lo introducimos en nuestro primer artículo en New Ag International (Diciembre-



Figura 1: Uno de los primeros receptores de GPS militares utilizado como un modelo general de desarrollo fabricado por Rockwell Collins cerca de 1977 (izquierda, adaptado de GPSWorld). Una unidad de GPS Magnavox mapck de 25x45x15 cm y más de 11 kilos aparece en el primer catálogo de un receptor de GPS a mediados de los 70s (centro, adaptado de GPSWorld). Un receptor completo de GNSS (incluye la antena) lanzado en el 2012. Mide 16x16x6.8 mm y pesa 6 gramos (derecha, adaptado de Globaltop Technology Inc.).

Enero 2017), los receptores de GNSS se utilizan en la primera etapa del ciclo de la PA, la adquisición de datos, para documentar observaciones con las coordenadas de posición. También se usan en la última etapa del ciclo: Actuación en el campo, ya sea para documentar como para objetivos de manejo sitio-específicos. Pero también la información georreferenciada se usa en la segunda etapa (Extracción de Información) y en la tercera etapa (Toma de Decisiones). Adicionalmente a documentar la geolocalización de datos, maquinaria u operaciones, los sistemas de posicionamiento en conjunto con aplicaciones de software permiten que se implemente la navegación. La navegación se usa para desplazar maquinaria dentro del campo siguiendo una ruta específica, para toma de muestras y para manejo sitio-específico. En conclusión, los receptores de GNSS son soluciones basadas en tecnología que ayudan a entender la variabilidad espacial de la información agronómica, tomar mejores decisiones agronómicas y ponerlas en práctica basados en información sitio específica.

DETERMINANDO LA POSICIÓN DE UN RECEPTOR

Para explicarlo de forma simple, los satélites emitan señales de radio con información adentro. Parte de la información emitida es la locación exacta de cada satélite en un sistema de referencia geocéntrico y es decodificada por un receptor. Adicionalmente, aquellas señales de radio también son usadas para determinar la distancia del receptor a cada uno de los satélites. Sin entrar en detalles, el tiempo y los relojes en los satélites y en los receptores son elementos claves para estimar los denominados pseudo-rangos (distancia entre el receptor y el satélite, incluyendo errores). Una vez que se conoce la posición de cada satélite y la distancia al receptor, se aplica un proceso denominado trilateración 3D. Si un satélite A está ubicado en el espacio a (XA,YA,ZA) y la distancia al receptor es RA, entonces el receptor solo puede estar localizado en una esfera SA de radio RA centrado en la locación

satelital (XA,YA,ZA). La intersección de la esfera SA con la Tierra como un círculo significa que el receptor solo puede estar localizado en cualquier lugar del círculo en la superficie de la Tierra. Si también se rastrea un Satélite B, la intersección de la esfera SB con SA y la Tierra resulta en que hay solo dos posibles locaciones del receptor. Y una tercera esfera, SC, obtendrá como resultado una única solución para la localización del receptor. Idealmente (sin considerar errores en las estimaciones de distancia) se requieren de solo tres satélites para determinar 3 coordenadas desconocidas de la posición de un receptor en la Tierra (XR,YR,ZR) ya que cada satélite provee al receptor con una ecuación para resolver el problema. Sin embargo, en la situación real hay un cuarto enigma que es la diferencia de tiempo entre el GNSS (como un sistema) y el receptor. Esto significa que una cuarta ecuación, provista por un cuarto satélite, se requiere para determinar las tres coordenadas. Pese a ello, cuando se tienen solo tres satélites disponibles siempre existe la posibilidad de obtener una posición 2D para el receptor (XR,YR).

ALGUNOS ERRORES QUE AFECTAN LA PRECISIÓN

La trilateración se basa en el conocimiento preciso de la posición actual de los satélites y de la distancia entre ellos y el receptor, que se estima utilizando el tiempo preciso. Por lo tanto, tres grupos de errores pueden afectar la exactitud de la estimación de la posición. 1) Errores en la posición y en los relojes de los satélites, 2) Errores en la propagación de la señal de radio desde los satélites al receptor y 3) Errores en los relojes y en los cálculos de los receptores. Algunos de estos errores pueden ser corregidos y otros no. Uno de esos errores es el efecto de la ionósfera en la propagación de las señales de radio, que no puede ser corregido. El contenido total de electrones en la ionósfera retrasa las señales según sus frecuencias. Los receptores de frecuencia dual están listos para recibir dos de las varias señales de radio que emiten los satélites y al comparar el

Tabla 1. Exactitud recomendada para varias operaciones agrícolas

Operación	Exactitud recomendada
Identificación de un campo	±20 m
Identificación de zonas dentro de un campo Muestras de suelo y mapa de rendimiento	±1 m
Aradura genérica Aplicación de pesticidas y de fertilizantes	±30 cm
Aplicaciones variables de pesticidas y fertilizantes Siembra y siega	±10 cm
Guía de tractor Preparación cama de siembra	±5 cm
Transplante y siembra de precisión Guía para operaciones en y entre las hileras	< ±5 cm

retraso entre las dos señales son capaces de estimar el error de la ionósfera en la estimación de distancia. Es por esta razón que los receptores de frecuencia dual son mucho más precisos que los de una sola frecuencia, ya que estos usan un modelo para corregir el efecto ionosférico. Otro error tiene que ver con la posición relativa de los satélites rastreados en el cielo, la llamada dilución de precisión (DOP). Mientras más cerca estén los satélites entre sí, mayor es la dilución de precisión y por lo tanto, el error. Al utilizar receptores que son sensibles a más de una constelación de GNSS, habrán más satélites disponibles para elegir la configuración, minimizando de esta forma la DOP.

El error de receptores solos (stand alone, sin correcciones externas) es de varios metros (algunos más en elevación), es por eso que los sistemas de corrección son necesarios para reducir el error a solo centímetros. Como una curiosidad, el tiempo captado por los receptores de los satélites es una de las medidas del tiempo más precisas disponibles para el público general y se utiliza para la sincronización de relojes y sensores en muchas aplicaciones profesionales.

LA PRECISIÓN REQUERIDA: DE 5 CM A 20 M, DEPENDIENDO DE LA OPERACION

En primer lugar, es importante clarificar los términos exactitud y precisión. Cuando se trabaja con sensores, exactitud es la cualidad del sensor de proveer lecturas cercanas a los valores reales. En los receptores de GNSS se debe distinguir entre la exactitud relativa y la exactitud absoluta. La exactitud relativa es la habilidad del receptor de proveer posiciones exactas del mismo punto con un bajo intervalo de tiempo (ejemplo, entre dos pasadas del tractor). También es conocida como exactitud de corto tiempo o de paso a paso. La exactitud absoluta es la habilidad del receptor de proveer posiciones exactas del mismo punto con intervalos largos de tiempo (ejemplo: semanas, meses o años). También se conoce como exactitud año a año o de largo plazo. Cuando las lecturas se toman con pocos minutos de diferencia, los satélites utilizados y las condiciones atmosféricas serán muy similares y también serán similares los errores en la estimación de la posición. Cuando las lecturas se toman en diferentes momentos,



Ignacio Rossi

ENTREVISTA CON...

IGNACIO ROSSI, Regional Sales Manager Mediterranean Ring,

GPS y GNSS son considerados los catalizadores de la Agricultura de Precisión (PA) en los 80s. ¿Cuál es la situación actual y cuál es el futuro de los GNSS en agricultura?

Los sistemas globales de navegación satelital (GNSS) -que incluyen GPS, GLONASS y otras redes satelitales- fueron y siguen siendo muy importantes para la agricultura de precisión ya que proveen información de posición para todas las aplicaciones. En los primeros días, los receptores de GPS se usaban para tener la posición en los campos, la guía de las maquinarias, inspeccionar los campos y generar mapas de rendimientos. Con el desarrollo de los GNSS y con mayores niveles de exactitud, servicios de corrección más simples y económicos, además de sistemas de guía de las máquinas más avanzadas, el desarrollo de aplicaciones para agricultura aumentan continuamente.

¿Cuál es el tamaño de mercado global para los aparatos agrícolas de GNSS y cómo se segmenta el mercado entre RTK (2 cm de precisión) y la exactitud de 30-50 cm?

No tenemos las estadísticas lo suficientemente precisas como para compartirlas con los medios. Sin embargo, el mercado están consistentemente implementando soluciones de mayor exactitud ya que los costos han bajado y la disponibilidad de señales de alta exactitud como Trimble RTK y CenterPoint RTK aumenta. La adopción aumentó significativamente cuando el desempeño de tipo RTK se hizo posible a través de una distribución satelital (con CenterPoint RTK) ya que su señal puede llegar a receptores en casi cualquier lugar del planeta y no depende que el receptor esté cerca de una estación de corrección basada en tierra.

¿Existen nuevas tecnologías para reducir el costo de la precisión de 2 cm?

Sí. Las nuevas tecnologías están reduciendo los costos para obtener soluciones exactas. Trimble fue el pionero que desarrolló en 1992 el RTK (Real Time Kinematics) que requería una estación base + rover, ambos con radios. Posteriormente Trimble desarrolló soluciones con VRS para que los rovers se conectarán a las redes con un modem. Recientemente Trimble volvió a ser pionero desarrollando CenterPoint RTX con correcciones de exactitud de centímetros a través de una señal de corrección satelital sin estación base, radios o modem. Adicionalmente, los últimos desarrollos en hardware de guía y su integración en las máquinas ayudan a reducir costos en una solución integral. En resumen, hoy es posible usar el Trimble Autopilot y obtener una alta exactitud por un cuarto del costo que tenía hace 10 años.

¿Cuál es el uso dominante para los sistemas de guía? Control de sección para evitar superposición, mapas de rendimiento o aplicaciones variables?

La mayoría de las aplicaciones de agricultura de precisión dependen del nivel de adopción de tecnología en cada país. Y debe estar en línea con demanda de las máquinas para cada tipo de cultivo. En la actualidad el principal uso es en los sistemas de guía. Se pueden usar para reducir superposiciones, mejorar la ergonomía y la eficiencia de trabajo para cualquier aplicación agrícola y cualquier tipo de tractores. Durante los últimos años, con los procesos de modernización de los equipos de aplicación de fertilizantes y agroquímicos, el control de secciones y las aplicaciones variables también han generado alta demanda por estas tecnologías. Pese a ello, todavía las aplicaciones variables tienen un bajo nivel de adopción, comparados con las soluciones de guía que en algunos mercados tienen una adopción cercana al 50%.

Con relación a otras tecnologías de PA, las que todavía no se implementan masivamente. ¿Cuáles son las principales razones que explican esta situación?

En mi opinión, ha habido variados niveles de tecnología disponibles para los agricultores por mucho tiempo. Los agricultores más avanzados y los adoptantes tempranos han implementado agricultura de precisión desde hace muchos años. Una de las principales barreras no tiene que ver ni con los costos ni con la tecnología sino que con las barreras culturales frente a los cambios. Las inversiones en soluciones de agricultura de precisión de hecho han disminuido, comparado con los beneficios comprobados que pueden obtener a cambio: ahorro de insumos, mayor eficiencia y menores impactos en el medioambiente. Por ejemplo, la inversión en tecnologías de guía es baja comparada con el valor del tractor y pueden ayudar a ahorrar costos. En algunos casos, una barrera es el conocimiento agronómico que se requiere para implementar tecnologías como la aplicación variable o el manejo sitio-específico. Algunas veces la barrera es el gobierno que no muestra los beneficios de cómo las nuevas tecnologías pueden mejorar la eficiencia y reducir el impacto ambiental para toda una región. En Europa, el programa de subsidios CAP está apoyando la innovación en la mayoría de los países y puede mostrar el camino para apoyar la adopción de tecnología.

Los mapas de rendimiento son una de las primeras pistas que reciben los agricultores de que sus rendimientos no son tan uniformes como esperaban. Sin embargo, no son ampliamente usados. ¿Por qué?

Los mapas de rendimiento son un muy buen punto de partida para implementar soluciones de agricultura de precisión. Pueden mostrar la variabilidad de los rendimientos y también la información de los campos que los agricultores necesitan para tomar mejores decisiones. Al mismo tiempo, los mapas de rendimiento por sí solos no pueden explicar todos los escenarios. Los agricultores muchas veces necesitan información adicional de muestras de suelo, imágenes satelitales o fotos aéreas para generar un NDVI y completar el análisis. Adicionalmente, el uso actual de los mapas de rendimientos por parte

de los agricultores crece debido al hecho de que toda la información anteriormente descrita es usada cada día más por los agricultores (mapas de suelo, NDVI, etc.).

Los productos de Trimble ayudan a los agricultores a ser más eficientes en el uso de insumos. ¿Cuál es la relación entre Trimble y los fabricantes y proveedores de insumos agrícolas (ejemplo: riego, fertilizantes, fitosanitarios, bioestimulantes y micronutrientes)?

Trimble Agriculture es agnóstico frente a las marcas y trabaja con todos los fabricantes de maquinaria agrícola. Somos capaces de apoyar a la mayoría de las marcas y soluciones en el mercado e incluso desarrollar protocolos específicos para que muchos fabricantes adopten nuestras tecnologías. Un buen ejemplo es TUVR (Trimble Universal Variable Rate) que es un protocolo implementado por muchas OEM para sus controles. Les permite controlar la tasa y las secciones en sus controladores de maquinarias basados en mapas de aplicación variables cargados en sus aparatos Trimble. También nos asociamos con varios fabricantes de implementos y proveedores de agroinsumos para integrar apps en nuestras consolas de agricultura de precisión como es el caso del display TMX- 2050. Esto le permite al agricultor acceder a datos o funcionalidades específicas de los fabricantes de esos productos.

¿Cuál es el mensaje para lograr que pequeños y medianos agricultores se unan a la agricultura de precisión?

La agricultura de precisión se puede implementar en campos de diferentes tamaños. Y aunque el tamaño del campo es importante, no es el factor más importante. Hay campos pequeños de producción intensiva como huertos o viñas que pueden usar productos de agricultura de precisión o sensores para trabajar con aplicaciones variables, monitorear el estado de las plantas e incluso hacer cosecha variable. En campos como esos, que necesitan aplicar químicos múltiples veces en el año, el manejo de agricultura de precisión es rentable. En la mayoría

Trimble Agriculture EMEA

de los casos, incluso adoptando un mínimo de tecnología de agricultura de precisión, la operación va a ser más eficiente.

Un estudio de casos realizado por la Comisión Europea destacó que la PA comúnmente implica altos costos iniciales y períodos largos de recuperación de la inversión. ¿Tienen ustedes estudios sobre el retorno de la inversión en agricultura de precisión?

Las inversiones en agricultura de precisión deben ser realizadas según la aplicación, el tamaño de la operación y la actividad agrícola, ya que los requerimientos de cada campo son diferentes. Para una operación de tamaño mediano, los componentes necesarios para guía o para aplicación variable pueden ser una fracción del costo de los tractores y de las máquinas

utilizadas para estas aplicaciones. Al mismo tiempo, la agricultura de precisión permite aumentar los rendimientos y la productividad y reducir los costos de producción. El retorno de la inversión para la agricultura de precisión puede ser alto comparado con operaciones del mismo tamaño con tecnologías tradicionales. Hay múltiples estudios independientes, normalmente realizados por universidades, para agricultura de precisión en producciones locales. Yo le recomiendo a los agricultores acercarse a los institutos locales de investigación o a agrónomos que hayan realizado ensayos. Sin embargo, los mejores ejemplos son las propias experiencias de los agricultores. Los agricultores que han adoptado tecnologías de agricultura de precisión, normalmente continúan incorporando cada día más y mejor tecnología.

¿Cuáles son los principales desafíos que enfrentará la agricultura de precisión en los siguientes años? ¿Cómo se prepara Trimble para ello?

Todavía hay grandes desafíos con las compatibilidades de los hardwares entre las diferentes marcas y Trimble está trabajando para solucionarlo con su protocolo TUVR y los esfuerzos de desarrollo de ISO-BUS. El próximo gran desafío para la agricultura de precisión es la compatibilidad de formato de los datos. Se han formado varios grupos de la industria para lograr que los fabricantes concuerden en un formato de datos común que pueda ser usado en todas las plataformas. Trimble participa en muchos de estos foros, pero a su vez estamos apoyando muchos formatos de datos con nuestro software Farm Works y Connected Farm, conocido como Trimble Ag Software.

ni los satélites ni la atmósfera serán similares y los errores serán mayores si no son corregidos. Los valores de exactitud relativa son mejores que los de exactitud absoluta y muchas veces son confundido en los catálogos. Precisión es un término relacionado con la capacidad de un sensor de ofrecer lecturas una cerca de la otra, cuando los parámetros bajo medición permanecen constantes. Por lo tanto, lo que uno debe esperar de un receptor de GNSS es alta exactitud (locación estimada cercana a la locación real) y buena precisión (la dispersión y variabilidad de la estimación de locación lo más baja posible). Pero esto es imposible de lograr con sistemas de receptores solos (stand alone) y es por eso que se requieren de sistemas de corrección o aumentación para mejorar el desempeño de los receptores. Pero, ¿cual es la exactitud que se requiere? ¿Es suficiente una exactitud bajo 1 metro?, ¿O necesitamos errores de solo centímetros? La respuesta



Fertilizantes de alta pureza y calidad, de rápida absorción a través de las hojas, creado para resolver trastornos fisiológicos que generan desequilibrios nutricionales, marchitamiento, pudrición apical, ablandamiento u oscurecimiento de la fruta. KAMAB 26 aumenta la materia seca y el calcio estructural, mejorando la textura de la fruta.

powered by
IKO-HYDRO
www.iko-hydro.com

ADRIATICA Spa
Strada Dogado 300 / 19-21
45017 Loreo (ROVIGO)
T +39 0426 669611
E info@k-adriatica.it

K
Adriatica

www.k-adriatica.it

Figure 2: GNSS applications in agriculture (adapted from Auernhammer, H., 2001. Precision farming - the environmental challenge. Computers and Electronics in Agriculture 30, 31-43).



es...depende. Depende de lo que queramos hacer y, por supuesto, del presupuesto. En la Tabla 1 hay una lista no exhaustiva de labores agrícolas y la exactitud requerida. Esta información la hemos obtenido de publicaciones científicas y profesionales.

SISTEMAS DE AUMENTACION

Para llegar a esos niveles de exactitud se necesitan sistemas externos a los receptores y el GNSS. Se llaman sistemas de aumentación y pueden ser clasificados en dos grupos: sistemas de aumentación basados en satélites (SBAS) y sistemas de aumentación ubicados en tierra (GBAS). El concepto es similar en ambos grupos ya que se basan en el uso de una antena fija ubicada en un lugar conocido con exactitud para determinar los errores en las estimaciones de posición. La antena recibe las señales de radio desde los satélites y el receptor determina su locación de la misma manera que un receptor convencional lo haría. La diferencia es que la locación determina

da usando los satélites luego se compara con la exacta locación de la antena de manera que se puede calcular el error absoluto para cada estimación. Ese error se usa para crear un mensaje de corrección y se manda al receptor cuya posición requiere ser corregida (llamado rover). Cuando se usa el sistema americano, se dice que la locación correcta se determina por diferencia GPS o DGPS. Mientras más cerca en el espacio y el tiempo estén la antena fija y el rover la corrección será más exacta ya que las condiciones atmosféricas y de los satélites serán similares. En condiciones reales, los sistemas de aumentación usan una red de antenas fijas para ofrecer mensajes de corrección generales o específicos dentro de un territorio. En SBAS, los mensajes de corrección se suben a satélites específicos para difundirlos a los receptores en su área de influencia. En GBAS los mensajes de corrección son difundidos por redes de comunicación terrestre como estaciones de radio, internet, co-



International Symposium on New Technologies for Environment Control, Energy-saving and Crop Production in Greenhouse and Plant Factory

Sunday, August 20, 2017 to Thursday, August 24, 2017
National Convention Center, Beijing, China



WEBSITE:

www.greensys2017.org

CONTACT:

Address: No.12 Zhongguancun South Street, Haidian District, Beijing P.R.China. 100081.

Tel: +86 010-82105983
+86 18611805406

E-mail:

greensys2017@chinastargroup.com

Official Media Partner:



Tabla 2: Exactitud de un receptor de GNSS según las especificaciones y el sistema de aumentación

SEGÚN ↓	Baja exactitud (error >> 1m)	Mediana exactitud (1m > error > 5cm)	Alta exactitud (error > 5cm)
Constelaciones de GNSS	Solo 1 (normalmente GPS)	Multi constelación (GNSS)	Multi constelación (GNSS)
Frecuencia del receptor	Una frecuencia (L1)	Frecuencia Dual (L1 + L2)	Frecuencia Dual (L1 + L2)
Sistema de aumentación	Solo (stand alone) sin corrección	Algunos SBAS y GBAS públicos y privados	Algunos SBAS y GBAS privados y RTK

municaciones de datos móviles (GPRS) y Wi-Fi. En ambos grupos hay soluciones públicas y privadas. EGNOS y WAAS son sistemas públicos de SBAS para Europa y Norteamérica, respectivamente. Su exactitud absoluta (año a año) es de menos de 1m, mientras que su exactitud relativa es menos de 50 cm. Para aprovechar los SBAS, los receptores deben poder recibir una señal adicional de radio desde los satélites SBAS que contienen mensajes de corrección. Existen sistemas SBAS privados que

pueden otorgar precisiones bajo un decímetro (ejemplo: Los productos de Omnistar o Atlas para Hemisphere). Los GBAS pueden ofrecer exactitudes de menos de 5cm cuando se crean estaciones virtuales para entregar a los usuarios correcciones personalizadas una vez que se conoce la posición estimada (rough position) del receptor. Para estos propósitos, los receptores deben incluir módems de radio, módems móviles de GPRS o conexión Wi-Fi para comunicarse con un servidor que

ofrece mensajes de corrección. La solución actual más precisa es la llamada RTK (real-time kinematics) GNSS. Este sistema es el equivalente a un GBAS con la singularidad que el usuario tiene dos receptores. Uno se usa como una base fija estacionada en coordenadas conocidas y el otro se usa como un rover. Los dos receptores se conectan a través de un enlace de radio. La estación base produce y envía mensajes de corrección al rover para obtener una exactitud de

2 cm ya que los satélites usado y la atmósfera son exactamente iguales en ambos receptores y los mensajes de corrección prácticamente corrigen todos los errores. Para concluir, exactitud y precisión en receptores se resumen en la Tabla 2.

GNSS USADOS EN AGRICULTURA: FUNDAMENTALES PARA ADQUIRIR DATOS

Los datos de los GNSS tienen un rol muy importante y diverso en la Agricultura de Precisión (Figura 2). En la Agricultura de Precisión basada en mapas, los mapas son creados para mostrar y analizar la variabilidad espacial y temporal de las variables agronómicas. En esa etapa del ciclo de la Agricultura de Precisión, las aplicaciones de GNSS se relacionan con la adquisición de datos. Los receptores son usados para georreferenciar la data recolectada desde el cultivo o el suelo dentro de un predio. La georreferenciación es el proceso de documentar data agronómica con sus coordenadas de posición. Esta data puede venir de una inspección del campo para analizar el desempeño del cultivo o de plagas y enfermedades, de muestras de planta y suelo o de las lecturas de los sensores. La locación de esta información ayudará a crear registros para el agricultor y para luego enviarlos al asesor (o viceversa). Adicionalmente, cuando la data es recolectada con suficiente resolución espacial, puede ser usada para crear mapas de la distribución espacial de los parámetros agronómicos. La resolución espacial requerida depende del tamaño del campo o de la variabilidad del parámetro examinado y puede variar de una muestra por hectárea en un mapa de suelos hasta cientos de lecturas por hectárea en el caso de sensores electrónicos en movimiento. También la recolección de datos puede ser programada desde la oficina (muestreo específico) de manera que los receptores luego son usados para navegar los sitios específicos para medir cultivos o el suelo. Este es el caso de los drones tomando fotografías de los cultivos siguiendo un

GLOSARIO

- GNSS significa sistema global de navegación satelital y es el término genérico para referirse a cualquiera de los cuatro sistemas disponibles en el mundo: el americano GPS, el ruso GLONASS, el europeo GALILEO y el chino BeiDou.
- Georreferenciar es fusionar las coordenadas de posición con otras piezas de información recolectadas de forma manual o electrónica (ejemplos, muestras de suelo, rendimiento, etc. SBAS significa sistemas de aumentación basados en satélites, donde los mensajes de corrección son emitidos desde los satélites a las áreas de servicio.
- GBAS significa sistemas de aumentación basados en tierra, donde los mensajes de corrección son emitidos usando las redes de comunicación terrestres.
- DGPS significa GPS diferencial y es usado cuando los receptores o la información de locación se basan en SBAS o GBAS.
- RTK significa real-time kinematics y es el sistema más exacto en uso en la agricultura. El sistema está compuesto de dos receptores de frecuencia dual. Un receptor actúa en base a una estación de referencia y el otro actúa como un rover. La estación base produce mensajes de corrección y los manda al rover a través de una conexión de radio.
- Almanac y Ephemeris son carpetas de datos emitidas por los satélites GNSS que contienen varias piezas de información. Las más importantes son la posición actual del satélite en el espacio para que el receptor pueda resolver el sistema de ecuaciones y calcular su posición.
- EGNOS (European geostationary navigation overlay system) es un SBAS gratis en uso en Europa.
- WAAS significa sistema de aumentación de grandes áreas y es un SBAS gratis disponible en Norteamérica.

plan de vuelo predeterminado. También se puede recolectar data adicional desde la propia maquinaria agrícola. Los tractores vienen equipados con decenas de sensores. Cuando se conectan para posicionar la información de los receptores GNSS, es posible localizar todos los tractores en un campo, conocer sus parámetros de trabajo en tiempo real (telemetría) y subsecuentemente analizar su desempeño durante operaciones agrícolas específicas. De manera similar, se pueden incorporar equipos modernos con sensores que en conjunto con los receptores se pueden usar para extraer información del desempeño de las operaciones agrícolas (ejemplo: aplicaciones de fertilizantes, pesticidas, herbicidas o riego). La información generada se puede desplegar luego en los mapas de aplicación, una herramienta muy útil para los procesos de documentación y trazabilidad. Esto se puede hacer tanto en Agricultura de Precisión basada en mapas como en Agricultura de Precisión basada en sensores en tiempo real.

PERO TAMBIEN PUEDEN SER USADOS PARA ACTUAR EN EL CAMPO

Después de la segunda etapa (2. Extracción de información) y la tercera etapa (3. Toma de decisión) del ciclo de PA basada en mapas es tiempo de trabajar en el campo (cuarta etapa: 4. Actuación en el campo). Los receptores de GNSS y los controladores son incorporados en la maquinaria agrícola para conocer su posición y 1) ajustar los equipos para manejo sitio-específico o 2) para navegar hacia locaciones específicas. Para el primero, se necesita cargar en el controlador mapas de prescripción. Los receptores de GNSS y los controladores en conjunto coordinan las acciones que deben ser realizadas en locaciones específicas dentro del campo (manejo sitio-específico).

Cuando las posiciones captadas por un receptor son representadas en el mapa, el controlador recibe la acción correspondiente. Cuando se cargan mapas de riesgos, las acciones sitio-específicas pueden que sean un comando de no ejecutar acciones (ejemplo, No

aplicar fertilizante o pesticidas en una zona específica para proteger los recursos hídricos). Otro tipo de producto basado en GNSS es lo que se conoce como swath control (control de secciones). Cuando se implementa en aplicadores de fertilizantes, fumigadoras o máquinas de aradura, el controlador registra las áreas en el campo donde los insumos agrícolas ya se han aplicado, con ayuda del receptor.

Si el equipo pasa por sobre un área donde ya se ha aplicado un insumo en la dosis requerida, el controlador impide que se aplique una segunda dosis apagando los emisores correspondientes o ajustando el ancho de trabajo. Esta solución minimiza la aplicación redundante de insumos, optimizando la eficiencia de la operación y resguardando el medioambiente. Cuando se usa con objetivos de navegación, los receptores trabajan de forma cooperativa con los controladores a bordo para ya sea entregar directrices visuales al chofer o para conducir autónomamente el tractor o cualquier equipo. La navegación para la guía de vehículos es útil para controlar el tráfico en los campos y para seguir rutas pre-determinadas para distribuir con precisión los insumos en el campo o para cosechar con precisión. El posicionamiento y la navegación también son muy importantes en robots, que son una gran alternativa para la agricultura de precisión del futuro cercano.

UNA SERIE DE BENEFICIOS ADICIONALES

Adicionalmente a las aplicaciones descritas de GNSS en agricultura de precisión, la guía de vehículos con data GNSS permite a los trabajadores operar de noche o con condiciones de baja visibilidad. En el caso de los tractores completamente automatizados o equipos auto-guiados, el operador se libera de conducir el vehículo y se puede concentrar en la calidad de la operación agrícola. Adicionalmente, si existe conexión a internet, el conductor puede gestionar en campo mientras se sienta en la cabina de la máquina, transformándola en una especie de oficina móvil. ■



RADISTART
10-40-0 + 1,7 Zn + 7 SO₃

Importado por
Surcos
En Argentina



¡ FERTILIZACIÓN EFICIENTE !

Los microgránulos **RADISTART** son una nueva tecnología de aplicación de los fertilizantes, diferente del resto del mercado de los fertilizantes, que permite una implantación segura!

Más eficiente que los fertilizantes tradicionales, **RADISTART** se aplica al mismo tiempo que la siembra en **ULTRA LOCALIZACIÓN** y permite una reducción de fertilizantes de **4 a 5 veces menos**.

¡ Los resultados de nuestras pruebas !



80 kg/ha de MAP

18 kg/ha de RADISTART



Descubra nuestra amplia gama de productos en : www.plantin.fr

