

Agricultura de precisión y precisión en la agricultura

Aplicación de sistemas de localización DGPS a las cosechadoras

La agricultura de precisión pretende optimizar el uso de los recursos que se emplean en las labores agrícolas: maquinaria, abonos, semillas, agua de riego, tratamientos fitosanitarios...

● **JAVIER MESA CELADA.** Ing. Agrónomo

Sin duda, el empleo de las tecnologías de última generación, en la mecanización agrícola, no es solamente muy positivo, sino también estrictamente necesario para garantizar la imprescindible competitividad que se le exige a una agricultura moderna. Pero la introducción de estas tecnologías debe realizarse de modo profesional y aplicando, en todo momento, criterios técnico-económicos.

Si no se realiza un correcto análisis y no se asesora al usuario final con seriedad, el resultado final puede ser justamente el opuesto. Al «colocarle» una tecnología que desconoce o no domina, que no le es explicada con claridad y que finalmente, y muy a pesar de las esperanzas que el cliente ha depositado en su inversión, no se ajusta a sus necesidades, el efecto obtenido es el rechazo sistemático a la incorporación de las nuevas tecnologías al campo, independientemente de la utilidad que presenten.

Como norma se puede afirmar que ninguna tecnología debe ser planteada como substitutiva de la experiencia o del conocimiento de cada uno. Su único objetivo es auxiliar a los individuos en la realización de su trabajo, haciéndolo más cómodo y productivo.

Agricultura de precisión y GPS

Sin duda, la agricultura de precisión se puede incluir en la categoría de las tecnologías con futuro, dentro del marco de la libre economía mundial. El uso

racional de los recursos: abonos, semillas, tratamientos fitosanitarios, agua de riego, etc., es condición básica para alcanzar la rentabilidad en una explotación que desee ser competitiva.

Pero, como ya se ha indicado, por positivo que sea el objetivo que se desee alcanzar, hay que ser rigurosos y muy críticos con las herramientas que se van a emplear y no descuidar las consideraciones económicas frente a la decisión de embarcarse en una inversión de envergadura.

La agricultura de precisión comienza cuando una máquina de recolección dotada de GPS (Sistema de Posicionamiento Global), de un corrector diferencial de la señal y de un sistema de medición de rendimientos, realiza el levantamiento de un mapa de éstos. Los expertos recomiendan que en ningún caso se empleen los resultados de un único año para introducir modificaciones drásticas en el sistema de explotación de la finca, ya sea el abonado,

las dosis de semilla o fitosanitarios empleados habitualmente, sino recurrir a una secuencia mínima de 5 años de datos consecutivos a la hora de tomar decisiones.

A partir del mapa de rendimientos obtenido, que es posible manejar informáticamente, y una vez introducidos los datos resultantes en el ordenador del tractor, éste ayudará a la realización de las diversas labores que se vayan a efectuar con las distintas máquinas e implementos. Hay que tener en cuenta que, para poder aplicar este sistema, es necesario que las máquinas encargadas de realizar las labores puedan modificar electrónicamente las dosis, lo que en la mayoría de los casos supone adquirir equipos nuevos o introducir costosas modificaciones en los que ya se poseen.

El siguiente paso, tras el levantamiento e introducción en el ordenador del mapa de rendimientos, consiste en la determinación de las dosis de siembra a utilizar y su correcta distribución, en función del punto de la explotación donde esté situada la sembradora. Posteriormente se regula la aplicación de los distintos abonados y, por último, las aplicaciones fitosanitarias. De este modo, según el rendimiento determinado por la cosechadora para los diversos puntos de la explotación, se modifican las dosis aplicadas para lograr homogeneizar, cerca del máximo, los resultados obtenidos con independencia de la situación dentro de ésta.

Sirva como referencia de la potencialidad del sistema, que permite, en las grandes llanuras estadounidenses, la realización de forma precisa de las distintas operaciones de siembra, abonado y tratamientos antiparasitarios, con avionetas, lo que implica un importante ahorro en recursos, como el tiempo empleado o las cantidades de materias primas que se ven optimizadas en función de cada metro cuadrado de explotación.



Las modernas cosechadoras pueden incorporar un equipo DGPS.



Semillas de Aragón

Cebadas
dos carreras

EVA *valor seguro*

BARLETA

Maltera ☆☆☆☆☆ de alta producción

Trigo Blando

PARADIS

La cosecha más extensible

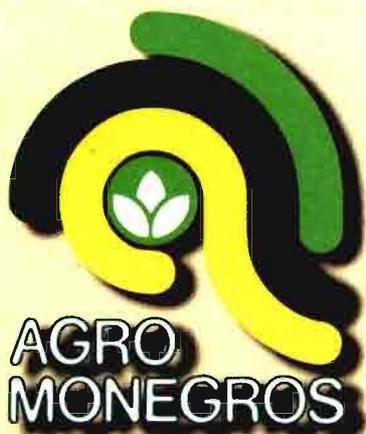
Trigos Duros

PEÑAFIEL

Con seguridad, el primero de otoño

REGALLO

Adaptación, producción y calidad



AGROMONEGROS, S.A. • C/ Victoria, 1 • 50160 LECIÑENA (ZARAGOZA) • Tel. 976 16 82 89

Sembrando Confianza

Sistema de Posicionamiento GPS

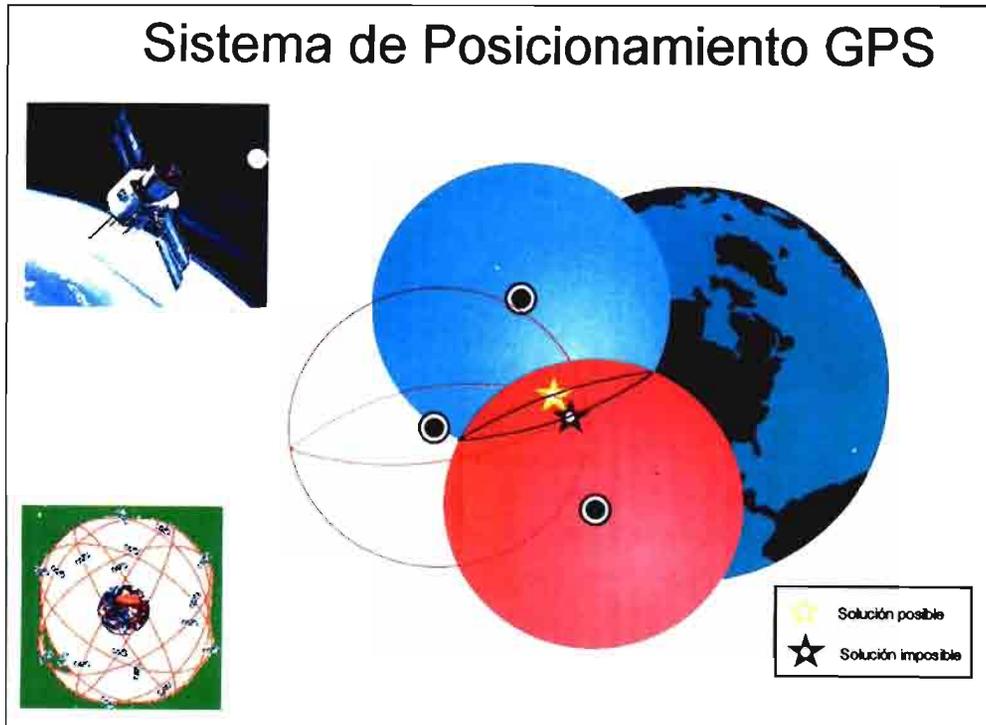


Fig. 1. Esquema del sistema de posicionamiento GPS.

Este sistema de explotación se basa en el exacto conocimiento de la posición que, en cada instante, ocupa la máquina que realiza la labor. Sin esta localización precisa las mediciones o aplicaciones que se realicen adolecen de la más mínima exactitud.

La cuestión es: ¿qué es y cómo funciona el sistema de localización GPS?

Todo comienza en EE.UU., a mitad de los años setenta, cuando el Departamento de Defensa empezó a construir un avanzado sistema de posicionamiento mediante satélites, para que las unidades de sus ejércitos pudieran determinar su posición exacta en cualquier lugar del mundo.

Si bien el objetivo inicial del sistema era su empleo para fines militares, también se había previsto, desde el comienzo, el uso civil de las señales de los satélites, si bien con una precisión inferior a la de las unidades militares. La reducción de la exactitud de las señales no clasificadas aseguraba que el enemigo no pudiera aprovecharse de la ventaja competitiva que este sistema suponía para las tropas norteamericanas.

El sistema GPS se basa en la determinación de la posición calculando la distancia a varios satélites. El fundamento geométrico de este proceso es sencillo:

Supongamos que podemos afirmar que un determinado satélite orbita a 25.000 km de distancia, entonces una persona en tierra que «vea» el satélite se encontrará sobre un punto de una esfera imaginaria, de radio 25.000 km, que tiene como centro al satélite. Como los satélites recorren órbitas estables y predecibles, la situación del satélite y de la esfera son conocidos en cada momento.

Si en lugar de «ver» un satélite, se «vienen» tres, sólo habría que buscar las inter-

secciones de las tres esferas para determinar la posición exacta de la persona. Esto es posible ya que dos esferas se cortan en una circunferencia, pero tres lo hacen en sólo dos puntos uno de los cuales resulta absurdo como solución a nuestro problema de posicionamiento, por quedar o dentro de la corteza terrestre o a una altura sobre ésta que nos situaría en el espacio exterior (fig. 1).

La cuestión es cómo medir la distancia a los satélites que van a permitir el posicionamiento. La opción más inmediata que se barajó fue medir el tiempo transcurrido entre la emisión de un impulso de radiofrecuencia y la recepción del eco de ese pulso al reflejarse en el satélite. Pero este sistema obligaría a emitir una serie de potentes señales desde el punto de situación, lo cual no es del agrado de ningún soldado por la oportunidad de detección que se le brinda al enemigo. Por tanto debía tratarse de un sistema «pasivo» de medición.

La opción alternativa es que sean los propios satélites los que emitan estos pulsos a intervalos predeterminados y que el equipo receptor sólo mida el momento exacto de la recepción de la señal, siendo posible calcular la distancia con relativa sencillez, siempre que se disponga de un reloj sincronizado exactamente con el de los satélites.

La dificultad en este segundo método radica en la necesidad de disponer de relojes muy precisos que aseguren la sincronización con los relojes atómicos de los satélites. Esta dificultad se salva con la introducción de un cuarto satélite. Así, suponiendo que el reloj del receptor marca la hora exacta, se deberían obtener cuatro esferas, una por satélite, que habrían

de cortarse en un único punto (la posición del receptor). Si el reloj del receptor adelanta, las cuatro esferas serán algo mayores de lo debido y viceversa si se retrasa, no llegando a cortarse en un único punto. Por tanto si se introduce una corrección en el reloj que haga que estas cuatro esferas se corten en ese punto único, lo cual se logra mediante unos sencillos cálculos algebraicos, se habrá situado con precisión la posición del receptor, empleando relojes electrónicos no más complejos que uno de pulsera. Y es éste precisamente el concepto en el que se basa el sistema de posicionamiento global.

Como ya se ha indicado, el sistema tiene un origen militar y desde el principio se decidió dar menor precisión de señal a los usos civiles. Todos los satélites emiten en la misma frecuencia, para evitar interferencias, pero cada una con un código de uso exclusivo. Al parecer, para mantener la seguridad, el Departamento de Defensa Americano optó por provocar un ligero desajuste de la sincronización del GPS alterando los relojes atómicos de los satélites con arreglo a un código específico solamente suprimible mediante el empleo de sus propios equipos receptores.

Correcciones diferenciales y DGPS

Dado el interés de la aplicación del sistema GPS en muchos campos de la vida civil, los científicos e ingenieros interesados en éste no tardaron en superar las limitaciones, que en la mayor parte de los casos no permitían precisiones superiores a los 100 m.

Para lograr una mejora significativa de la precisión se recurrió a un sistema de corrección mediante el empleo de puntos fijos. Instalando una antena receptora en un punto de coordenadas conocidas y midiendo las distancias a los satélites, obtenidas a partir de la señal recibida de éstos, es posible deducir y corregir el error introducido en las señales.

Si posteriormente estas correcciones son transmitidas a los equipos receptores cuyas señales provengan de los mismos satélites que recibe la estación de corrección, es posible eliminar el error introducido y alcanzar precisiones que, según el equipo empleado, pueden llegar a ser inferiores al metro. Este sistema corregido se denomina DGPS (Sistema Diferencial de Posicionamiento Global).

En la actualidad, algunos países como Estados Unidos, Inglaterra o Alemania, disponen de multitud de sistemas de corrección diferencial para GPS. Estos servicios pueden ser tanto públicos, como privados y van desde antenas situadas en fincas particulares, a redes públicas que

emiten por radio las correcciones de señal.

España aún no dispone de un red pública que permita corregir y emplear con precisión los sistemas GPS, aunque algunas instituciones de carácter privado sí disponen de estos equipos y existe un proyecto en la Generalitat de Cataluña para la instalación de una red de emisores de corrección diferencial de la señal en su territorio.

DGPS y agricultura de precisión

Llegados a este punto es fácil apreciar que a pesar de la aparente sencillez de empleo de los sistemas GPS, no resulta tan simple alcanzar las cotas de precisión necesarias para una agricultura de precisión. Ya se ha indicado que sin un sistema de corrección se producen desviaciones de al menos 100 m. Pero la situación resulta aún más compleja cuando se asocia un equipo DGPS a una máquina en movimiento por el campo y a un equipo de medición de rendimientos.

Diversas experiencias llevadas a cabo en Alemania e Inglaterra con cosechadoras dotadas de estos equipos confirman este extremo.

En primer lugar hay que indicar que se acepta que la precisión exigible a un equipo de posicionamiento, para su aplicación en agricultura, ha de ser como mínimo de 3 m. Y hay que tener en cuenta que con un sistema de corrección diferencial la precisión a la que es posible situar un objeto en movimiento varía entre 1 y 10 m, en función del equipo empleado y del número de satélites que se encuentren en cada momento en el campo de acción del objeto a posicionar.

En las experiencias llevadas a cabo por H. J. Hellebrand y H. Beuche del Instituto de Ingeniería Agronómica de Bornim (Alemania) detectaron dos problemas fundamentales asociados al trabajo de la máquina en campo abierto.

Primeramente, detectaron fallos debidos a la presencia de accidentes orográficos, que con su «sombra» impedían la recepción de suficientes señales desde los satélites durante un tiempo determinado. En segundo lugar, se producían errores graves de localización, cuando por algún motivo se perdía la señal de radio encargada de la corrección diferencial. H. Korte y I. J. Yule han comprobado que la presencia de edificaciones o zonas arboladas producen efectos idénticos.

La solución propuesta consiste en la inclusión de sistemas de navegación inerciales (Giróscopos) para complementar los datos obtenidos por el DGPS cuando se produzcan pérdidas temporales de señal.

En lo relativo a los factores que afectan a la exactitud del levantamiento de mapas

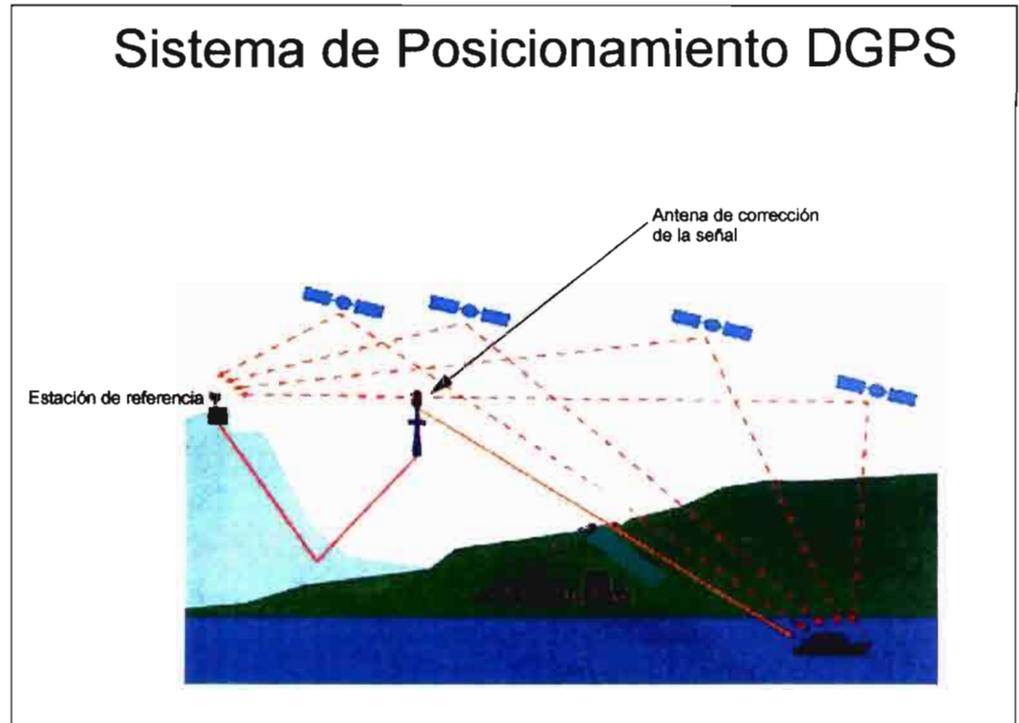


Fig. 2. Esquema del sistema de posicionamiento DGPS.

de rendimientos, cabe destacar los trabajos realizados por A. Sanaei y I. J. Yule de la Universidad de Newcastle, cuya principal conclusión es que existe una gran variedad de factores que influyen en los rendimientos medidos.

En principio, los resultados dependerán de la precisión del aparato empleado en la medición del rendimiento. También, serán dependientes de las desviaciones debidas al efecto de la pendiente. Se observaron variaciones significativas entre el rendimiento medido y el real, en función de que la máquina ascendiera o descendiese por una pendiente.

Igualmente influye la interacción simultánea de diversas variables tanto de carácter físico, asociados a la explotación, como de carácter biológico asociados al cultivo, como de diseño de la propia máquina.

En opinión de estos autores para la ponderación de todos estos factores, que distorsionan el mapa obtenido, y el ajuste de éste a la realidad de la explotación, es necesario el desarrollo del adecuado apoyo informático que analice y pondere los distintos parámetros implicados.

Como conclusión se puede afirmar que, en cualquier caso y con anterioridad a la decisión de introducir una nueva tecnología en nuestra explotación, se impone una seria reflexión, tanto desde el punto de vista técnico, como económico.

Algunos parámetros que hay que analizar en profundidad son:

- Por un lado, el tamaño de las parcelas, los tipos de cultivo, la rentabilidad obtenida y el incremento que se espera obtener, de ésta, teniendo en consideración el período de amortización de los costes de inversión.

- Por otro lado, el estado de desarrollo de la técnica a introducir, considerando tanto los riesgos que se asumen, como las ventajas competitivas que se esperan obtener.

Y, finalmente, no hay que olvidar que es preferible realizar las reparaciones o sustituciones de las máquinas o implementos que no cumplen con las condiciones técnicas mínimas para desempeñar con su labor (sembradoras o abonadoras con distribuciones absolutamente irregulares, pulverizadores con boquillas desgastadas o cualquier otro implemento mal regulado o en mal estado), antes de adquirir equipos cuya rentabilidad final dependa del correcto funcionamiento de los anteriores. ■

BIBLIOGRAFIA

- A. SANAEI y I. J. YULE. «Accuracy of yield mapping systems: The effects of combine harvester performance». Paper 96G-016. International Conference on Agricultural Engineering, AgEng 96. Madrid, septiembre de 1996.
- H. J. HELLEBRAND y H. BEUCHE. «Positioning by Low Data Rate DGPS». Paper 96G-011. International Conference on Agricultural Engineering, AgEng 96. Madrid, septiembre de 1996.
- JOHN V. STAFFORD y HELEN C. BOLAM. «Improving the reliability of position resolution using GPS for precision agriculture». Paper 96G-008. International Conference on Agricultural Engineering, AgEng 96. Madrid, septiembre de 1996.
- MINNESOTA EXTENSION SERVICE NEWS. «Be careful when using yield map information». Revista *Successful Farming*, enero 1997. en la World Wide Web: <http://www.agriculture.com/contents/sfonline/index.html>.
- THOMAS A. HERRING. «El sistema global de posicionamiento». Revista *Investigación y Ciencia*, Edición Española de Scientific American, número 235. Ed. Prensa Científica, S.A. Abril 1996.