

Artículo de divulgación

## Optimización en la utilización de Pilotos Automáticos aplicados a la maquinaria agrícola

Repetto L.<sup>1</sup>; Bonadeo M.<sup>1</sup>; Besson P.S.<sup>2</sup>; DiLeo N.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Cátedra Maquinaria Agrícola

<sup>2</sup>Cátedra Edafología

<sup>3</sup>Cátedra Manejo de Tierras

Facultad de Ciencias Agrarias

Universidad Nacional de Rosario

*lrepetto@express.com.ar*

El objetivo de este artículo es discutir la manera de optimizar el uso de una de las herramientas de la Agricultura de Precisión (AdP), altamente difundida como es el Piloto Automático (PA), con el que está equipada buena parte de la maquinaria agrícola actual de tipo automotriz.

Para asegurar un rendimiento óptimo del sistema de "guiado asistido", hay variados factores a tener en cuenta y comprender antes de utilizarlo. Se destacan: la precisión del receptor GPS/GNSS (Global Positioning System/Global Navigation Satellite System), las condiciones de trabajo/terreno y la configuración del vehículo/máquina, antes de poner en funcionamiento el equipo. A modo de esquema, se puede formular la siguiente relación:

**Precisión del sistema = Receptor de GPS/GNSS + Configuración de la máquina + Configuración del vehículo + Condiciones de trabajo**

Cada uno de estos factores soportará equitativamente la calidad del trabajo. Comenzaremos analizando la primera de ellas, el receptor o antena GPS/GNSS, en la cual existen 4 factores asociados:

**Precisión de la señal:** El receptor tiene una precisión informada con base en el tipo de señal cuando se hace funcionar en buenas condiciones de visión del cielo. Esta precisión informada indica la cantidad de cambios o errores que los usuarios pueden observar durante un período de tiempo debido solamente al sistema de GPS/GNSS. Por ejemplo, los usuarios pueden contar con precisiones que oscilan entre los 25 a 30 cm de error de un punto específico durante un período de quince minutos (señal gratuita) a quienes cuenten con

**Foto 1:** La capacitación del personal es fundamental para aprovechar al máximo este tipo de tecnologías.



Fuente: L.Repetto

señales de corrección pagas, pudiendo llegar a una precisión mayor de hasta 2,5 cm en el caso de la tecnología RTK (Real Time Kinematic). En otras palabras, esto es para explicar la cantidad de error en la distancia entre cada pasada se debe atribuir solamente a error de GPS. Los usuarios de RTK pueden considerar con que el error de posición de GPS sea dentro de 2-3 cm sin período de tiempo definido debido a que la RTK no se desplaza.

**Corrección de GPS:** Aunque en el punto anterior se mencionó lo que se puede esperar en buenas condiciones de GPS, es importante indicar en qué condiciones

pueden disminuir los niveles de precisión informados. Hay varias formas de evaluar las condiciones de posición GPS. Por ejemplo, cuando un receptor se activa por primera vez, éste se colocará en una ubicación precisa con el tiempo y durante ese tiempo, se desplaza "la línea" mucho más aleatoriamente que cuando el receptor está en su posición correcta. Este tiempo puede ser de 30 a 45 minutos después del arranque y durante este tiempo, el desplazamiento puede exceder los niveles de precisión informados. El tiempo de alistamiento de RTK es diferente. Una vez se obtiene RTK en el vehículo, funciona según lo anunciado desde el arranque. No es necesario mante-

ner el receptor en una posición estacionaria durante este tiempo de alistamiento. Hay que realizar tareas comprendiendo que la precisión de GPS y el rendimiento del sistema total puede disminuir hasta que el tiempo de enganche se complete. El indicador de precisión de GPS muestra un gráfico de barras con la precisión total del GPS. Una barra completa (100%) indica que las condiciones de GPS son buenas y el tiempo de enganche se completó. Si la barra está completa solo en un porcentaje lo más probable es que se desplazará más de lo anunciado debido a la falta de precisión. Como regla, una vez el indicador de precisión de GPS llega a 80%, las condiciones de GPS normalmente están a un nivel aceptable para la mayoría de las aplicaciones.

**Posición de Dilución de la Precisión:** Mejor conocido como PDOP, es una medida que estima el efecto de la configuración geométrica de los satélites que capta el receptor GPS/GNSS, en la precisión del posicionamiento logrado, tanto en horizontal como en vertical. Por ejemplo, si todos los satélites que "ve" el receptor están en un cuadrante del cielo, lo más probable es que el PDOP sea alto, indicando que el posicionamiento puede tener más error que si los satélites estuvieran distribuidos por todo el cielo. PDOP es un indicador para saber qué tan buenas son las condiciones de operación que alcanza la precisión anunciada del receptor GPS. Por ejemplo, un PDOP de menos de 4 indica las mejores condiciones o configuraciones geométricas de los satélites GPS/GNSS, mientras que valores entre 4 y 8 de PDOP indican condiciones solo aceptables. Valores mayores a 8 indican una precisión deficiente o muy inestable. Con base en las experiencias de usuarios, la mayoría de los operadores solamente están satisfechos con el rendimiento del piloto cuando el PDOP es menor que 3,5. En definitiva, el valor de PDOP es mejor cuando el receptor tiene una vista completa del cielo, aunque en algunos casos puede ser afectado por el mal posicionamiento de los propios satélites, lo cual es más frecuente en receptores unisistema (solo GPS, no GNSS). Si el PDOP es alto y el receptor tiene una vista completa del cielo sin sombras o interferencia, la única opción es esperar hasta que los satélites cambien de posición y que estén separados más uniformemente en el cielo.

**Compensación del terreno:** Es un elemento diseñado para compensar la posición del receptor GPS/GNSS por el balanceo de la cabina debido a un terreno accidentado o pendientes laterales. Se trata de una plomada electrónica que corrige la posición del receptor GPS/GNSS informando a la unidad de control del Piloto Automático para compensar los desplazamientos de la antena. Es muy importante que se configure con la altura pertinente (que corresponde con la máquina y el lugar en que fue instalada la antena), y se calibre correctamente antes de hacerlo funcionar, ya que un ajuste incorrecto de este elemento cambia la ubicación efectiva del receptor en la cabina, causando saltos o solapamiento a medida que se desplaza el equipo en el campo, resultando en un rendimiento deficiente.

El segundo componente o término en nuestra fórmula de la precisión es la **Configuración de la máquina**. En esto se consideran solo los remolcados, por la poca utilización del enganche de 3 puntos en Argentina para los cultivos extensivos. Algunos elementos a tener en cuenta:

- Asegurarse que la barra de tiro del tractor está centrada y/o bloqueada en la posición adecuada a la tarea a realizar.
- Verificar el estado de los órganos activos (buenas condiciones de conservación) y espaciados correctamente. Esto incluye cuchillas de corte, abre surcos, discos, púas de cincel, etc. Sustituir o reparar las piezas que están dañadas, dobladas o desgastadas desproporcionadamente. Las piezas faltantes también pueden crear una carga de tracción desigual resultando en pasadas anchas/angostas o comportamiento errático del sistema.
- Recordar que algunos implementos se desplazan levemente al tirar de ellos en el suelo, hasta compensar todas las fuerzas que están interviniendo, lo cual hace que el ancho del mismo sea más pequeño durante el funcionamiento que cuando está desclavado. Un ejemplo sencillo es el de una sembradora de 12 hileras, con espacio de 525 mm entre hileras, que mide 6.3 m de ancho teórico y el ancho real es 6.279 m cuando se trabaja con la máquina clavada en el suelo.

La **Configuración del vehículo** puede tomar diferentes formas (tractor, pulverizadora, cosechadora) y los puntos a atender son:

- Lastre: Asegurarse que la máquina está

**Foto 2:** El piloto automático mejora la productividad de cualquier tipo de equipos.



Fuente: L.Repetto

contrapesada correctamente según el manual del operador de la misma. En general, el rendimiento mejorará adicionando más peso sobre el eje directriz de la máquina. Esto es importante en condiciones de suelo suelto o cuando se arrastran máquinas con cargas de tracción elevadas. Una buena regla es mantener el patinamiento de los neumáticos menor a 10% para los tractores de cultivo en hileras, aumentando el peso en el eje delantero mejora el control de dirección y el rendimiento del piloto automático. Para tractores con tracción en las cuatro ruedas, mayor control de dirección se alcanza con mayor peso total del tractor.

- Las ruedas duales minimizan el balanceo de la cabina y reducen las correcciones de la dirección. Cuanto más estable permanezca el vehículo, menos se notará el balanceo de la cabina.
- Revisar la presión para garantizar que los neumáticos estén correctamente inflados, siempre según el manual del operador,

ya que afecta al balanceo de la cabina. Se debe tener en cuenta que no hay sistema de suspensión en los tractores.

- En los tractores con la tracción delantera asistida, el llevarla activada va a ayudar al sistema a alcanzar el control de dirección óptimo.
- En condiciones de línea recta con cargas de tracción pesadas, o donde ocurre un movimiento errático o aleatorio hacia adelante y hacia atrás, activando el bloqueo del diferencial puede ayudar a mermar este movimiento resultando en un mejor rendimiento.

Por último, las **Condiciones de trabajo**, asociadas con una supervisión profesional del proceso constituyen un factor importante para poder identificar y corregir los posibles inconvenientes. Uno de los factores que más comúnmente se pasa por alto, y seguramente es el que más afecta el rendimiento al piloto automático es, cuando el suelo no está firme y se reduce la eficacia del sistema de dirección debido a la pérdida de tracción cuando el piloto intenta corregir los errores. Por otro lado, un suelo muy firme puede causar cargas desiguales en situaciones de tracción elevada y/o generar desplazamientos constantes de la máquina. En ambos casos, se pueden realizar ajustes a la configuración del equipo (vehículo – máquina), para reducir el impacto de estas condiciones de campo. Algunas medidas a adoptar:

- Aumentar el lastre en suelo suelto. En suelo firme, asegurarse que todos los órganos activos de la máquina están en buenas condiciones de trabajo, lo más centradas posibles y ajustadas, es decir que no se muevan de la barra portaherramientas durante la operación.
- Una ayuda para determinar si el vehículo y la máquina se configuraron adecuadamente es observar las condiciones del suelo y las situaciones donde la dirección manual del vehículo es difícil. Si el operador tiene problemas con hacer funcionar eficientemente la dirección manual, es casi seguro que el rendimiento del piloto automático y la precisión disminuya debido a que el sistema tiene problemas similares al realizar las correcciones. Esto podría ser más evidente en equipos que cuentan con actuadores propulsados por motores eléctricos que son más lentos en las respuestas que los completamente hidráulicos.

Por todo lo expuesto queda claro que la tecnología incluida en la maquinaria agrícola actual facilita y hace un trabajo más eficiente y preciso, pero no soluciona los problemas por sí misma sino a través de la supervisión, ajuste, configuración y control adecuados en el que el profesional Ingeniero Agrónomo debería tomar un rol protagónico en todo este proceso.

#### Bibliografía:

SF6000 | Receptor | Ag de precisión | John Deere AR, Deere.com.ar;

<https://www.deere.com.ar/es/agricultura-de-precisión/receptores-y-monitores/starfire-6000/>

True Guide implement guidance system. En: [https://www.trimble.com/agriculture/technical\\_support.aspx?id=38042](https://www.trimble.com/agriculture/technical_support.aspx?id=38042)

Bragachini, Mario Alberto; Mendez, Andres Aníbal; Scaramuzza, Fernando Miguel; Peiretti, José; Vélez, Juan Pablo; Villarroel, Diego Daniel. Ensayo de siembra y arranque de maní con piloto automático. Jornada Nacional de Maní. 23. 2008 09 18, 18 de septiembre de 2008. General Cabrera, Córdoba. AR. XXIII Jornada Nacional de Maní, 18 de septiembre de 2008, General Cabrera, Córdoba.

VILLARROEL, D; SCARAMUZZA, F.; VÉLEZ, J.. 2017. Componentes eléctricos, electrónicos y mecatrónica. El Piloto Automático en el Tractor Agrícola. En: El tractor Agrícola. Ediciones INTA. Cap VII.

MANUAL DEL OPERADOR AutoTrac Universal (ATU), OMPFP11863 EDICIÓN B2 (SPANISH), En: [https://stellarsupport.deere.com/site\\_media/pdf/es/manuals/ATU/OMPFP11863\\_63\\_B2\\_PG\\_SPA\\_ATU.pdf](https://stellarsupport.deere.com/site_media/pdf/es/manuals/ATU/OMPFP11863_63_B2_PG_SPA_ATU.pdf).

Tarjeta de Referencia Rápida del Sistema AgGPS® Autopilot™ en: <http://dyesa.com/desc-manuales.html>



**ASOCIACIÓN COOPERADORA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**



## CONSEJO DIRECTIVO

PRESIDENTA:  
Ing. Agr. (MSc) Susana Zuliani

VICEPRESIDENTA:  
Dra. Liliana Picardi

SECRETARIO:  
Ing. Agr. (MSc) Fernando López Anido  
PROSECRETARIA:  
Dra. Roxana Zorzoli

TESORERA:  
Dra. Stella Maris García  
PROTESORERO:  
Ing. Agr. Rodolfo Grasso

VOCALES TITULARES:  
Ing. Carlos Fernández Asenjo  
Dr. Lucas Borrás  
Ing. Agr. (MSc) Graciela Nestares  
Ing. Agr. Eligio Morandi  
Ing. Agr. Inés Teresa Firpo

VOCALES SUPLENTES:  
Ing. Agr. Silvia Toresani  
Dr. Carlos Cairo  
Dr. Guillermo Pratta

COMISIÓN REVISORA DE CUENTAS:  
Titular: CPN Carina Mancini  
Suplente: Ing. Agr. (MSc) Hugo Álvarez