



III CADI
IX CAEDI
2016



DESARROLLO DE UN SISTEMA GEOREFERENCIADO, COMPATIBLE CON INSTRUMENTAL DE MEDICIÓN PARA AGRICULTURA DE PRECISIÓN

Ing Mg Andrés F. Moltoni, Profesor Adjunto, Ingeniería en Electrónica, Departamento de Ciencias Básicas y Tecnología, Universidad Nacional de Moreno (UNM)
amoltoni@unm.edu.ar

Ing Nicolás Clemares, Ayudante, Ingeniería en Electrónica, Departamento de Ciencias Básicas y Tecnología, Universidad Nacional de Moreno (UNM)
Nicolas_Clemares@yahoo.com.ar

Xoana Prior, Becario Estudiante, Ingeniería en Electrónica, Departamento de Ciencias Básicas y Tecnología, Universidad Nacional de Moreno (UNM)

Resumen— Uno de los pilares fundamentales de la economía Argentina está basado en la producción agropecuaria, especialmente la granaría. Debido a que nuestro país es tomador de precio sin poder influir en su formación resulta de vital importancia lograr incrementos en la productividad, contándose para ello con las técnicas denominadas de agricultura de precisión. Estas técnicas proponen dejar de realizar un tratamiento promedio de los lotes para comenzar a trabajarlos según su variabilidad espacial, logrando maximizar el uso de los recursos y eficientizar las labores. Esta mejora en la eficiencia se traslada directamente en un incremento de la productividad del sector. Para poder caracterizar los lotes y generar los ambientes o unidades de similar potencial productivo es necesario medir diversas variables agronómicas en forma georeferenciadas. El presente trabajo plantea el desarrollo de un modulo que permita georeferenciar las mediciones realizadas con los instrumentos presentes en el mercado. El modulo desarrollado fue incorporado a un medidor de humedad de suelo comercial y ensayado. Los resultados obtenidos son satisfactorios y la precisión en su georeferenciación acorde la electrónica implementada en el sistema

Palabras clave— *agricultura de precisión, agroelectrónica, instrumental georeferenciado*

1. Introducción

Uno de los pilares fundamentales de la economía Argentina está basado en la producción agropecuaria, especialmente la granaría. Solo a modo de ejemplo podemos decir que Argentina fue el cuarto exportador mundial de trigo, el tercero de soja y el segundo de maíz en el año 2008 [3]. Sin embargo, la mayor parte de la producción de granos es exportada con bajo nivel de especificidad caracterizándose así como commodities. Esto implica que Argentina es un tomador de precio sin poder influir en su formación y para este esquema obtener un incremento en la productividad resulta vital, contándose para ello con algunas herramientas tecnológicas específicas.

Es sabido que existen en nuestro país lotes agrícolas que poseen una gran variabilidad espacial y que gracias a esta variabilidad son factibles de ser subdivididos en ambientes de iguales características. Esto representa la base de las técnicas denominadas de agricultura de precisión o tratamiento por ambientes, las cuales proponen dejar de realizar un tratamiento promedio de los lotes para comenzar a trabajarlos según su variabilidad espacial.

Dentro de cada uno de estos ambientes se realiza un tratamiento homogéneo, lo que permite maximizar el uso de los recursos y eficientizar las labores. Esta mejora en la eficiencia se traslada directamente en un incremento de la productividad del sector.

Para poder caracterizar los lotes y generar los ambientes o unidades de similar potencial productivo es necesario medir diversas variables agronómicas en forma georeferenciadas. En base a lo expuesto anteriormente se puede concluir que contar con instrumentos y herramientas portátiles que permitan dicha medición resulta indispensable. También hay que destacar que existen dispositivos que permiten diagnosticar el estado de un lote para generar recomendaciones de manejo del mismo, que no necesariamente son instrumentos de agricultura de precisión, pero que son de gran utilidad y actualmente su difusión es limitada debido a su costo.

En nuestro país se comercializa instrumental que permite medir distintas características de los suelos y de los ambientes en general. Estos dispositivos son de origen importado y generalmente producen mediciones aisladas las cuales no se encuentran georeferenciadas.

El objetivo del presente trabajo proyecta, en una primera etapa, el desarrollo de un módulo que permita georeferenciar las mediciones realizadas con los instrumentos presentes en el mercado. Además se realizará un análisis para determinar que instrumental de medición resulta de relevancia para ser desarrollado localmente. En una segunda instancia, se procederá al diseño y creación de él o los instrumentos de medición y diagnóstico detectados como relevantes.

Antecedentes

A partir de la década del noventa y desde que se liberó el sistema de GPS (Global Positioning System) para su uso público, se abre una serie de posibilidades de las cuales la agricultura no fue ajena. En este sentido, se han desarrollado innumerables sistemas que utilizan la georeferenciación como base de tratamientos sitio-específicos, lo que en definitiva dio como resultado lo que actualmente se denomina agricultura de Precisión. Dentro de estos sistemas podemos nombrar equipos para aplicación variable de agroquímicos [4],[10],[1],[11],[9],[6] y [5], sistemas de dosificación sitio específica de fertilizantes [7],[8] y [12], equipos para siembra y fertilización variable, entre otros.

En nuestro país se ha registrado un importante incremento de las tecnologías de Agricultura de Precisión desde sus primeras experiencias en la década del noventa [2]. Como hemos mencionado anteriormente, el criterio fundamental de la agricultura de precisión consiste en aplicar los insumos según requerimientos específicos de cada unidad homogénea dentro del campo o lote, lo que se ha dado en llamar Manejo Sitio-específico (site-specific management), dejando de lado las aplicaciones fijas o uniformes comúnmente utilizadas.

Si bien Argentina tiene un desarrollo considerable respecto a otros países en agricultura de precisión, aun dista mucho de ser una técnica aplicada en forma masiva en el sistema productivo nacional. Los motivos que originan esta adopción parcial son varios, entre ellos se destaca el costo de la electrónica involucrada, principalmente por tratarse en su mayoría de equipos importados, siendo la principal causa el diseño de los sistemas en si mismos y no sus

componentes electrónicos. Otro de los aspectos relevantes es la incompatibilidad entre los equipamientos derivados de diferentes orígenes y prestaciones. Este marco ha sido uno de los principales motivos por los cuales la adopción de los sistemas de agricultura de precisión se han visto fuertemente limitados. La investigación y desarrollo en forma local de estos sistemas contribuiría considerablemente, no solamente a disminuir sus costos, sino principalmente a crear plataformas abiertas con “know how” nacional que garantice la interoperabilidad.

Justificación

La adopción del uso de la agricultura de precisión, al igual que el manejo por ambientes de los lotes, se ha visto incrementada en los últimos años y en particular en la última década, debido al desarrollo masivo de dispositivos electrónicos confiables y también a una baja relativa en los costos de los mismos. En este sentido, el desarrollo de instrumental de medición y diagnóstico con tecnología de origen nacional permite posicionar al país en el mundo, posibilitando entre otras cosas, la sustitución de importación de equipos con la correspondiente creación de empleo y la implementación de técnicas agronómicas que tienden a mejorar la eficiencia y la rentabilidad de la actividad.

2. Materiales y Métodos

Con el objetivo de determinar las características del sistema georeferenciado a diseñar se realizó un relevamiento de los distintos instrumentos de importancia para la actividad. De la caracterización de los instrumentos de medición que se encuentran en el mercado se pudo observar que generalmente los mismos no permiten georeferenciar las mediciones realizadas. Una mínima parte de ellos obtiene mediciones georeferenciadas al conectar un receptor GPS externo mediante un puerto RS232. Por tanto, y para asegurar la compatibilidad con la mayoría de los equipos, se tomó la determinación de desarrollar un sistema GPS con salida RS232.

El dispositivo fue proyectado con software de diseño específico y se desarrollaron prototipos para su ensayo, tanto en condiciones de laboratorio, al igual que en condiciones reales de funcionamiento a campo.

Desarrollo de prototipo de sistema georeferenciado para instrumental

En una primera instancia se desarrolló y armó una placa prototipo que nos permitió evaluar el desempeño y compatibilidad del circuito del GPS elegido para el presente proyecto (Figura 1).

Cabe destacar que el circuito diseñado fue pensado para trabajar con 4 pilas AA y se eligió el GPS de la marca Telit en su modelo JN3, que se caracteriza por poseer una mayor sensibilidad en su receptor, lo que lo hace apto para funcionar con antenas pasivas. También el antes mencionado modelo de GPS se caracteriza por su reducido consumo, maximizando la duración de las baterías y su reducido tamaño lo que nos permitió una implementación realmente portátil y de simple adaptación en los equipos de medición existentes en el mercado.

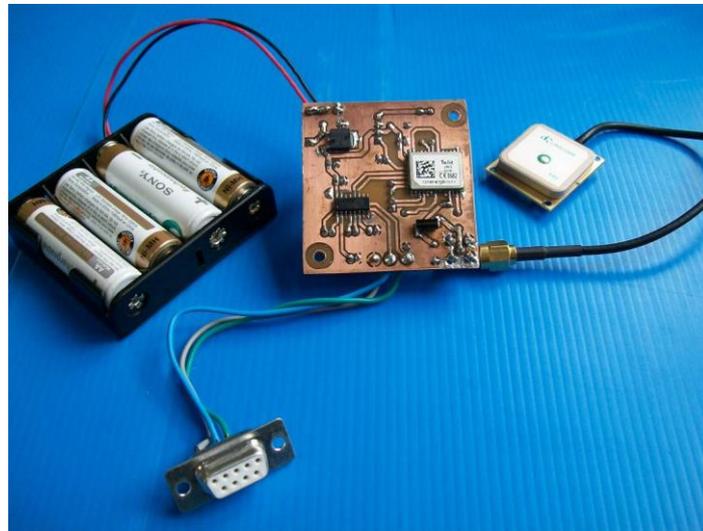


Figura 4: Placa prototipo del sistema final

Esta etapa del proyecto se encuentra finalizada en su totalidad y se adjuntan en los anexos los documentos correspondientes al diseño realizado.

Validación del sistema de georreferenciación

Para realizar la validación a campo del prototipo desarrollado, probando su correcto funcionamiento y compatibilidad con equipos existentes en el mercado, se utilizó un medidor de humedad de suelo de la firma Spectrum, modelo FieldScout TDR 300 (Figura 5). El antes mencionado instrumento permite la incorporación de un GPS externo para la toma de mediciones georreferenciadas.



Figura 5. FieldScout TDR 300

En la siguiente figura (Figura 6) se observa el montaje del prototipo desarrollado en el instrumento de medición



Figura 6: Montaje del prototipo en el instrumento FieldScout TDR 300

Para evaluar el funcionamiento del prototipo desarrollado, en el instrumento elegido, se realizaron una serie de mediciones en 6 sitios predefinidos en el INTA Castelar, según se puede ver en la Figura 7. La elección de los sitios se realizó cuidando que en los mismos no hubiese, dentro de lo posible, obstrucciones en la línea de vista de los satélites y fueron señalados con el uso de estacas numeradas (Figura 8).

Se realizaron un total de 12 repeticiones para cada uno de los 6 sitios elegidos, totalizando 72 lecturas de humedad de suelo. Las mediciones se realizaron en horarios prefijados, pero en diferentes días, para todos los sitios según el siguiente cronograma: 10Hs, 12Hs, 14Hs y a las 16 Hs.

Previo a la realización de las lecturas se realizó la configuración del equipo FieldScout TDR 300 por medio de la utilización de un software proporcionado por el fabricante. Se conectó la placa prototipo al instrumento y se verificó que el equipo detectase la presencia del GPS, esto fue comprobado gracias a la verificación de la indicación de presencia de GPS en el display del FieldScout.



Figura 7: Elección de los sitios de ensayo



Figura 8: Estaca que señala uno de los sitios de medición

Las mediciones realizadas a campo fueron descargadas a una PC mediante la utilización de un cable serie provisto por el fabricante del instrumental y un adaptador USB-Serie proporcionado por el laboratorio. Figura 9.

En la figura 10 se aprecia uno de los archivos de datos proporcionados por el instrumental de medición. En el mismo se puede ver los valores de latitud y longitud proporcionados por el sistema de georeferenciación desarrollado, además de los valores de humedad de suelo.



Figura 9: Toma de datos del ensayo

```
ScoutDat1 - Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
Name: UNM
Serial #: 10843
Datum: WGS 84
Longitude, Latitude, No., value, Type, Rod Length
,, Logger Started
,, Logger Started: 19:00:10
-58.653790, -34.604085, N=1, 48.3, Standard VWC, 7.6cm
-58.653973, -34.603877, N=2, 69.4, Standard VWC, 7.6cm
-58.654205, -34.603687, N=3, 57.1, Standard VWC, 7.6cm
-58.653835, -34.603582, N=4, 43.4, Standard VWC, 7.6cm
-58.653395, -34.603727, N=5, 50.8, Standard VWC, 7.6cm
-58.653058, -34.603925, N=6, 44.4, Standard VWC, 7.6cm
```

Figura 10: Datos georeferenciados descargados del instrumento de medición

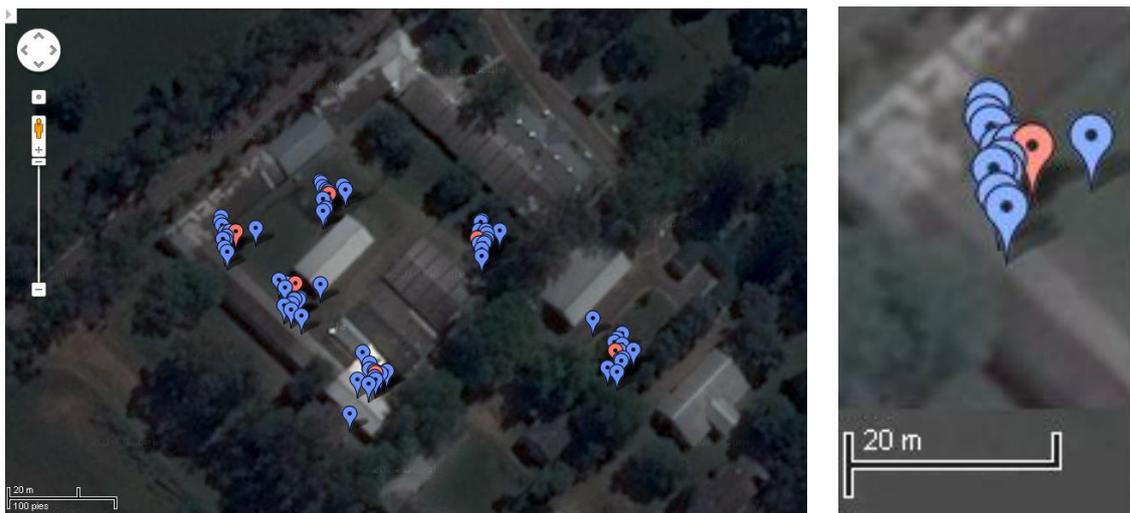
3. Resultados y Discusión

Los datos recolectados fueron cargados en el Google Earth para verificar su correcta georeferenciación. Figura 11



Figura 11: Georreferenciación de los datos medidos en el ensayo

Del análisis de los valores recolectados de latitud y longitud aportados por el sistema desarrollado, para cada sitio de medición, pudimos observar diferencias que oscilan entre valores menores al metro y los 15 metros aproximadamente. Estos valores se encuentran dentro del error admisible para un sistema de georreferenciación estándar que no poseen ningún mecanismo de corrección, como sería el caso de los GPS diferenciales utilizados en las máquinas agrícolas. Las diferencias registradas se deben principalmente a las características propias del sistema de posicionamiento satelital GPS y solo se pueden disminuir utilizando alguno de los sistemas de corrección existente. En la Figura 12a se aprecia el sitio real de la medición (en rojo) respecto de la posición aportada por el GPS (en celeste) para todos los sitios de medición y en la Figura 12b se ve con mayor detalle uno de los sitios de medición.



(a)

(b)

Figura 12: (a) Valores medidos (celeste) vs Posicionamiento Real (rojo)

(b) Detalle de un punto de medición

Podemos concluir que el sistema desarrollado se ha desempeñado adecuadamente y los valores de posicionamiento proporcionados difieren del valor real en un error acorde a las características del GPS y la antena utilizada y son aceptables para georeferenciar muestras de equipos de relevamiento de variables utilizados en prácticas de agricultura de precisión. No obstante esto, es preciso mencionar que el error presentado en la localización por este tipo de equipos GPS, no los hace aptos para ser utilizados en máquinas precisas como pueden ser: pilotos automáticos, banderilleros satelitales, sembradoras de precisión, entre otros.

4. Conclusiones y recomendaciones

Podemos concluir que el sistema desarrollado se ha desempeñado adecuadamente y los valores de posicionamiento proporcionados difieren del valor real en un error acorde a las características del GPS y la antena utilizada y son aceptables para georeferenciar muestras de equipos de relevamiento de variables utilizados en prácticas de agricultura de precisión.

5. Referencias

- [1] Al Gaadi K.A., Ayers P.D. Integrating GIS and GPS into a spatially Variable Rate Herbicide Application System. – 2001
- [2] Bragachini M. Proyecto Agricultura de Precisión. Actualización Técnica N.º 7. EEA INTA Manfredi -Ediciones INTA - Febrero 2007.
- [3] USDA. World Agricultural Supply and demands estimates. United States Department of Agriculture, June 10, 2009.
- [4] Clark R.L., McGuckin R.L. Variable rate application equipment for precision farming. Written for presentation at 1996 Beltwide Cotton Conference- Jan 8-12 -1996 – Nashville – Tennessee – USA
- [5] Gavrić M. and M. Martinov. “Low Cost GPS-Based System for Site-Specific Farming at Flat Terrains – Case Study”. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript -ATOE 07 004. Vol. IX. July, 2007.
- [6] Gerhards R., Oebel H. Practical experiences with a system for site specific weed control in arable crops using real-time image analysis and GPS-controlled patch spraying. European Weed Research Society – Weed Research – 2006 Vol 46 pp 185-193.
- [7] Heege H., Thiessen E. On the go sensing for site specific nitrogen top dressing. ASAE paper N.º 021113 in ASAE Meeting Presentation – Chicago – Illinois- USA – 28 al 31 de julio de 2002.
- [8] Link A., Panitzi M., Reusch S. Hydro N-Sensor: Tractor Mounted remote sensing for variable nitrogen fertilization. In Proceedings of the 6th International Conference on Precision Agriculture and Other Precision Resources Managements – Minneapolis – USA – 14-17 de julio 2003.
- [9] Raymond S.G., Hilton P.J. Intelligent crop spraying: a prototype development. 1st International Conference in Sensing Technology – 2005 nov 21-23 – Palmerston North – New Zealand.
- [10] Tian, Lei. A “smart sprayer” for site specific weed management. Department of Crop Sciences – College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences – University of Illinois – USA – 2000.

- [11] Vogel J.W., Wolf R., Dille A. Evaluation of a variable rate application system for site-specific weed management. ASAE Paper N.º 051120 in 2005 ASAE Annual International Meeting – Tampa – Florida USA.
- [12] Zielman E., Graeff S., Link J., Batchelor W.D., Claupein W.: Assessment of cereal Nitrogen Requirements derived by the optical on-the-go sensors on heterogeneous soils. American Society of Agronomy – Madison – USA. Published on line 3- may – 2006. BARREDO CANO, J.I. (1996). *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio*. Madrid: RA-MA. 264p.