

Prototipo de sensor inteligente de humedad en hoja para sistemas de riego de precisión

Lucas M. Arjona¹ & Julián A. Pucheta^{1,2} & Carlos A. Salas¹ & Sergio H. Gallina¹

(1) *Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas,
Universidad Nacional de Catamarca.*

lucas_arjona_88@hotmail.com, calberto.salas@gmail.com, sgalina@tecno.unca.edu.ar

(2) *Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales,
Universidad Nacional de Córdoba.*

julian.pucheta@gmail.com

RESUMEN: Se describe el desarrollo de un sensor capacitivo de humedad en hoja mediante placas que se diseñan en un circuito impreso, incorporando los circuitos electrónicos necesarios de acondicionamiento y procesamiento de datos. El sensor es compatible con la norma IEEE 1451 y tiene la sensibilidad requerida para aplicaciones en control automático de riego; no es invasivo ni destructivo y puede operar en tiempo real además de transmitir datos a distancia vía RS-485.

Palabras Clave: Humedad en hoja, sensor capacitivo, riego agrícola, sistema automático, estándar IEEE 1451.

1 INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes desafíos que se presenta en la actualidad es el empleo sostenible del agua. Sabemos que dicho recurso es indispensable para la producción agrícola y a parquización, además de otras actividades productivas. Siendo un recurso escaso y a veces no apto para el consumo humano, puede ser útil para el riego siempre y cuando no provoque danos irreversibles al cultivo.

Existe una variedad de métodos y sistemas para la aplicación de riego (superficial, por goteo, mediante aspersores, microrriego,...) cada uno con sus ventajas y limitaciones; sin embargo, alrededor de los 90' se inició un concepto, que aún hoy continúa desarrollándose ampliamente y que trae beneficios, ahorra el agua y aumenta la rentabilidad de la producción agrícola: El Riego de Precisión (Smith, 2010).

El objeto del presente trabajo es desarrollar un prototipo de un sensor de humedad de hoja para integrar un sistema de control automático de riego en cultivos vegetales midiendo variables fenológicas (Arjona, 2013)

2 PROPUESTA ACTUAL Y ANTECEDENTES

Los sistemas de riego en la actualidad se basan en la medición del contenido de agua en el suelo y para ello se diseñan y comercializan diversos sensores (Capraro, 2007; Schugurensky¹, 2008;

Schugurensky⁴, 2005). En general, los productores aceptan las nuevas tecnologías aplicadas al agro (Adrian, 2005), y además el desarrollo de sistemas novedosos beneficia el desarrollo y la investigación en otras áreas, como los sistemas bio-ecológicos (Adamchuka, 2005; Hashimoto, 2004; Miresmailli, 2009)

En el Departamento de Electrónica de la Universidad Nacional de Catamarca, se está trabajando en la medición del contenido de agua en el follaje. La propuesta contiene hipótesis que es necesario verificar y está en desarrollo esa tarea. Superada la etapa de laboratorio, se implementará en terreno mediante un sistema automático de riego.

Como se advierte en la revisión de los métodos medición de Contenido de Agua en la Vegetación (CAV o VWC por sus siglas en inglés) (Schugurensky², 2010), se trata de un tema de investigación activo.

En el Instituto de Automática (INAUT) de la Universidad Nacional de San Juan, y siguiendo los mismos conceptos descritos, se desarrolló un sensor capacitivo para la estimación del contenido de agua en la vegetación (Schugurensky³ 2010), que consiste en utilizar dos electrodos enfrentados formando un capacitor de placas paralelas, una de ellas con un anillo de guarda. Si se colocan en el follaje del cultivo las dos placas enfrentadas, separadas entre si 30 a 50 cm, abarcando entre ellas la mayor cantidad de hojas posible, se formará un capacitor cuyo dieléctrico

será una combinación de aire, materia seca de las hojas y el agua en las hojas.

El método capacitivo se basa en la medición de la capacidad de un condensador cuyo dieléctrico variará debido a la incorporación de agua (el aire tiene una permitividad dieléctrica relativa $\epsilon_r = 1$, el hielo $\epsilon_r = 5$ y el agua $\epsilon_r = 80$ en promedio)

Se decide diseñar un área sensora en forma de dos "E's" enfrentadas formando un condensador que luego será aislado para lograr el efecto capacitivo. La capacidad de dicho capacitor variará entonces según varíe el contenido de agua en su superficie.

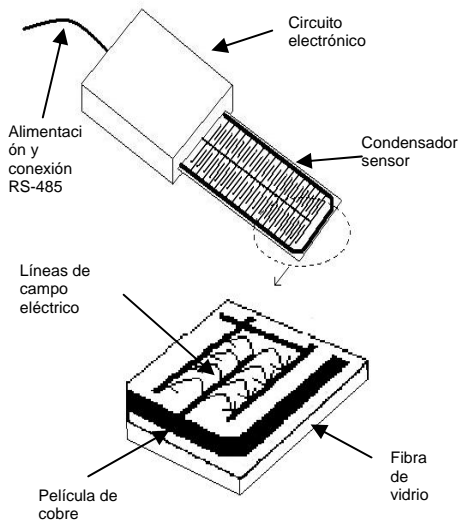


Figura 1: Cuerpo del Sensor Capacitivo de Humedad de Hoja.

El sensor tiene las ventajas de no ser invasivo ni destructivo como los métodos tradicionales (como el empleo de la cámara de Scholander); permite la medición continua y transmisión de los datos; además posee un sensor de temperatura para establecer compensaciones.

Algunas de las dificultades son : a) diseño de un sistema electrónico inmune a las capacitancias parásitas debido a que el condensador diseñado es del orden de los pF de capacidad; b) el sistema debe tener la resolución suficiente como para detectar pequeñas cantidades de agua en la superficie sensora y la sensibilidad adecuada para ser aplicado al control automático.

Actualmente, el contenido de agua en la vegetación se sigue midiendo en terreno de manera manual, con un método invasivo y destructivo, utilizando la cámara de Scholander (Schugurensky², 2010; Schugurensky³, 2010). Se debe cortar una hoja que se introduce en la cámara donde es sometida a presión hasta que genera una gota en el tallo cortado. Se mide la

presión en ese punto. Este método se utiliza también como patrón para calibrar los nuevos sensores que se proponen.

La conjunción sensorial en un algoritmo de control permite aplicar la cantidad de agua necesaria al cultivo dando lugar a un riego de precisión (Smith, 2010), genera mayores beneficios, optimiza el uso del agua, incrementa áreas cultivables ó reduce costos de producción.

3 DESARROLLO

3.1 Descripción general

El sensor consiste en un dispositivo electrónico que se coloca a la altura del follaje del cultivo y con una inclinación promedio de acuerdo a la ubicación de las hojas, así medirá la humedad sobre las hojas e imitará su escurrimiento. Principalmente consta de dos partes (Fig. 1):

- El Área Sensora (el sensor propiamente dicho) diseñada a partir de un condensador cuyas placas se encuentran en un mismo plano y que varía al existir un cambio en el dieléctrico en las cercanías de él.
- La segunda parte es el circuito electrónico que convierte el valor de capacitancia a una señal eléctrica útil y la adapta para ser transmitida vía RS-485. Además se incluye un sensor de temperatura para realizar correcciones en la medición.

El circuito en diagramas de bloques se ilustra en la Fig. 2.

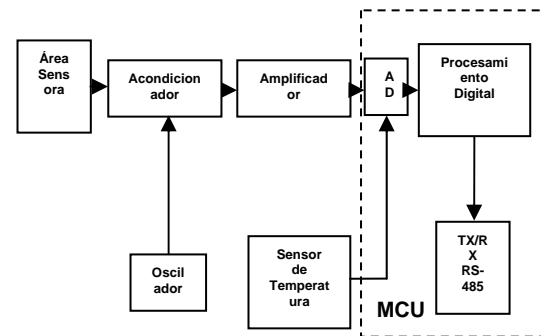


Figura 2: Esquema Interno del Sensor Capacitivo.

3.2 Descripción del circuito electrónico de transducción

En la etapa de acondicionamiento, la medición de capacitancia debe hacerse con un circuito inmune a las capacidades parásitas (Fig. 3).

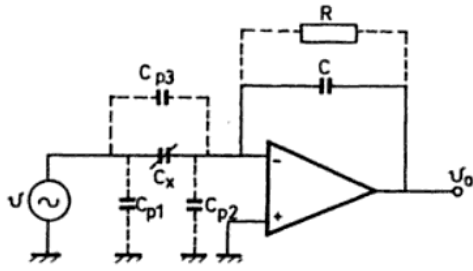


Figura 3: Amplificador de carga.

La capacidad parásita C_{p3} se puede reducir apantallando los cables de conexión del sensor; las capacidades C_{p1} y C_{p2} debidas a los cables de conexión no influyen en la medida aunque una C_{p2} muy alta podría hacer que el circuito oscile. La salida que tenemos es:

$$v_0 = -v \frac{C_x}{C} \quad (1)$$

Donde C_x viene a ser nuestro condensador diseñado. Se observa una relación lineal entre la salida y la capacitancia en (1).

El oscilador está construido a base de un C.I. 555 en operación como astable a 10KHz.

En la etapa amplificadora se emplea un circuito convencional y se construye el prototipo en una protoboard para observar su funcionamiento a priori (Fig. 4).

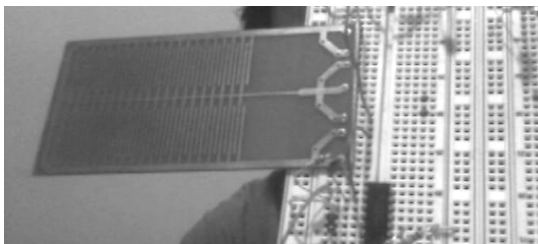


Figura 4: Prototipo del sensor en protoboard.

El condensador sensor diseñado tiene una capacidad al aire libre de $50\text{pF} \pm 8\text{pF}$ medidos con un multímetro digital Mega Lite M890G.

3.3 El MCU

El microprocesador utiliza un driver para enviar y recibir datos empleando la norma RS-485. Con las señales digitalizadas, en MCU se encarga de generar una trama (Fig. 5) en donde se especifica el nodo sensor, el destino, la temperatura, un dato que corresponde entre 0 y 100 proporcional a la

capacitancia del área sensora, en dato obtenido del conversor a/d del proceso de medición de capacidad (dato original digitalizado) además de un bit de paridad para verificar errores. Los tiempos de envío son programables desde segundos hasta varias horas.

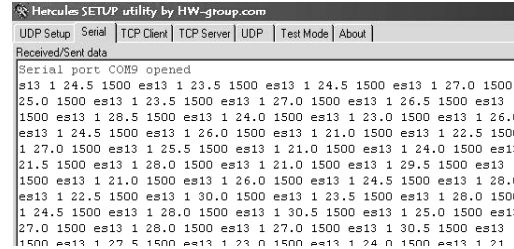


Figura 5: Trama en PC obtenida con el software Hercules.

A través del primer prototipo implementado se logró establecer la transmisión de datos por el protocolo RS-485 (Fig. 6) y además corregir problemas de diseño.

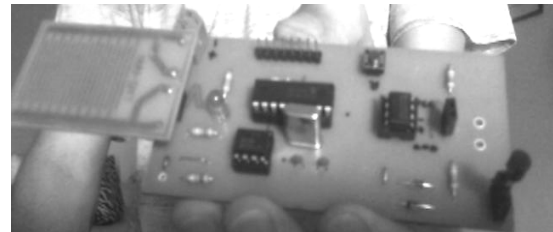


Figura 6: Primer Prototipo implementado para pruebas.

Una vez testeado el funcionamiento del sensor, se buscó compatibilizarlo con el estándar IEEE 1451 (“sensor inteligente”), lo que implicó a grandes rasgos, la implementación de TEDS (Transducer Electronic Data Sheet’s) en la memoria EEPROM interna del sensor y el desarrollo de una interfaz gráfica simple en la PC.

3.4 El Estándar IEEE 1451

En 1997, el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) y el comité del Instituto de Ingenieros Electrónicos y Eléctricos (IEEE) desarrollaron el estándar IEEE -1451 debido a la incompatibilidad de sensores por parte de los fabricantes. La Fig. 7 muestra el modelo propuesto como referencia y la relación entre las diversas familias del estándar 1451.

- Termopar: $17\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,6275\text{ }^{\circ}\text{C}$.

La Fig. 11 muestra en la IGU (Interfaz Gráfica de Usuario) el dato de temperatura obtenido desde el sensor: $19,62\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$; así como también el nivel de humedad correspondiente. Así, el sensor presenta buena estabilidad en la lectura de temperatura referido al termómetro de bulbo tomado como patrón.



Figura 11: IGU desarrollada en VB

4 CONCLUSIONES

Se ha presentado un sensor de humedad de hoja con capacidad de operar en red bajo norma IEEE 1451.

Las primeras experiencias determinan que es posible medir pequeñas cantidades de agua y que este dato se puede digitalizar y transmitir, lo que es coherente con la hipótesis que se tenía inicialmente.

Se orientó el desarrollo a la generación de un prototipo que opere en los sistemas automáticos de riego, actuales y en desarrollo en función de la humedad de la hoja y otras variables fenológicas.

5 AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Catamarca, y también el de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba.

6 REFERENCIAS

Adamchuka, E.D. Lund, B. Sethuramasamyraja, M.T. Morgan, A. Dobermann, D.B. Marx. "Direct measurement of soil chemical properties on-the-go using ion-selective electrodes". *V.I. Computers and Electronics in Agriculture* 48 (2005) 272–294.

Adrian, A., Norwood, S., Mask, P., 2005. "Producers' perceptions and attitudes toward

precision agriculture technologies". *Computers and Electronics in Agriculture*, Volume 48, Issue 3, September 2005, Pages 256-271.

Arjona, L. M. "Desarrollo de un prototipo de sensor inteligente de humedad en hoja para aplicación en riego de precisión". Trabajo Final de Carrera, Ingeniería electrónica. Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas. UNCa. (2013)

Capraro, F., Shugurensky, C., Vita, F., Tosetti, S., Lage, A., Pucheta, J. "Intelligent irrigation control in agricultural soils: an application to grapevines". *Anales de la XII Reunión de Trabajo en Procesamiento de la Información y Control, XII RPIC, Universidad Nacional de la Patagonia Austral Unidad Académica Río Gallegos, Argentina.* (2007).

IEEE 1451.0. Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators - Common Functions, Communication Protocols, and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) Formats. IEEE Std 1451.0™-2007

IEEE 1451.2. Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators- Transducer to Microprocessor Communication Protocols and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) Formats. IEEE Std 1451.2-1997

Miresmailli, S.; D. Badulescu, M. Mahdaviyani, R. Zamar and M. Isman. "Integrating plant chemical ecology, sensors and artificial intelligence for accurate pest monitoring". In: *Tomatoes: Agriculture Procedures, Pathogen*. ISBN: 978-1-60876-869-1. Eds E. Aube and F. Poole. 2009 Nova Science Publishers, Inc.

Schugurensky¹ C., Capraro F. "Control Automático de Riego con Sensores Capacitivos de Humedad de Suelo. Aplicaciones en Vid y Olivo". INAUT. UNSJ. Argentina. (2008)

Schugurensky² C., Fullana R. "Review of Vegetation Water Content measurement technologies". INAUT. UNSJ. Argentina. 2010.

Schugurensky³ C., Fullana R. "Sensor Capacitivo del Contenido de Agua en la Vegetación". INAUT. UNSJ. Argentina. Septiembre de 2010. AADECA 2010- XXII Congreso Argentino de Control Automático.

Schugurensky⁴, C. Miguel, Lage, A. Andrés, Pucheta, J. Antonio, Vita Serman, A. Facundo "Dispositivo sensor capacitivo para la medición de la humedad volumétrica y la temperatura de un medio circundante". N/Ref.: 1246 AR. Presentada ante la Administración Nacional de Patentes el 10 de Noviembre de 2005 habiéndole correspondido el No. P 05 01 04714. (En trámite). Publicada en la Pag. 30 del *Boletín*

de Patentes del Instituto Nacional de la Propiedad Industrial, N° 390 ISSN - 0325 – 6545 del 17 de enero de 2007.

Smith, R.J., Baillie, J.N., McCarthy, A.C., Raine, S.R. & Baillie, C.P. (2010) “Review of Precision Irrigation Technologies and their Application”. *National Centre for Engineering*

in Agriculture Publication 1003017/1, USQ, Toowoomba.

Hashimoto, Y.; I. Farkas, H. Murase, E.R. Carson, A. Sano. “Control approaches to bio-and ecological systems”. *Control Engineering Practice* 12 (2004) 595–603.