

## WICC 2014 XVI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación

---

# Tecnologías de la información y de las comunicaciones aplicadas a problemas de agricultura regional

Fernanda Beatriz Carmona<sup>1</sup>, Alberto Eduardo Riba<sup>1</sup>, Fernando Emmanuel Frati<sup>1</sup>, Jorge Damián Tejada<sup>1</sup>, Horacio Martínez del Pezzo<sup>1</sup>, Emanuel Robador<sup>1</sup>, Martín Paez Yañez<sup>1</sup>, Alejandro Cruz<sup>1</sup>, Nelson Acosta<sup>2</sup>, Juan Manuel Toloza<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Básicas y Aplicadas, Universidad Nacional de Chilecito  
9 de Julio 22, Chilecito, La Rioja, Argentina  
{fbcarmona, ariba, fefrati, jtejada, hmartinezdelpezzo, erobador, mpaez,acruz}@undec.edu.ar

<sup>2</sup> Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires  
General Pinto 399, Tandil, Buenos Aires, Argentina  
{nacosta, jmtoloza}@exa.unicen.edu.ar

## Resumen

Se presenta una línea de I+D de gran interés regional, aplicada al problema de racionalización y uso adecuado del agua para riego de cultivos en climas áridos.

Los temas abordados son transversales a varias áreas, como programación, arquitectura de computadoras, investigación operativa, bases de datos y análisis de sistemas. Los problemas provienen de empresas del medio, que a su vez se benefician de los resultados obtenidos.

Se debe notar que en los proyectos participan alumnos avanzados activamente, por lo que los desarrollos propuestos convergen en tesis de grado de la Ingeniería en Sistemas de la UNdeC.

**Palabras clave:** *Metodología de diseño Riego, telecontrol, monitoreo, red de sensores inalámbricos, riego presurizado, olivo, programación de riego.*

## Contexto

La línea de investigación presentada es parte de los proyectos “Red de Sensores Inalámbricos basado en microcontroladores para la monito-

rización del riego presurizado en plantaciones de olivo” y “Utilización de métodos de diseño de software para desarrollar un sistema automatizado de riego”, aprobados en el año 2013 y 2011 por la Secretaría de Ciencia y Tecnología, convocatoria para estímulo y desarrollo de la investigación científica y tecnológica (FICyT - UNdeC).

Cabe destacar que esta línea se presenta como continuidad de los proyectos “Programación y generación de pronósticos de riego presurizado para cultivo de olivo en regiones áridas, utilizando TIC” y como complemento del proyecto “Integración y administración de índices de sensado en la programación y pronósticos de riego presurizado para cultivo de olivo en regiones áridas”, aprobados en los años 2009 y 2012 respectivamente, por la Secretaría de Ciencia y Tecnología (FICyT - UNdeC).

Por otro lado, se coopera activamente con una empresa del medio dedicada al cultivo de olivo, y se espera que otras empresas de la región se beneficien de los resultados de esta línea de I+D.

## Introducción

El riego constituye un aporte artificial de agua al suelo con el objeto de cubrir los requerimientos hídricos de los cultivos a fin de obtener niveles de producción y calidad previsibles. Por la escasez del recurso hídrico, por conveniencia para las plantas y como protección del medio ambiente, este aporte se ha de aplicar con un criterio de conservación de los recursos agua y suelo, y por ende, con la mayor eficiencia posible. Para esto, resulta necesario contar con un profundo conocimiento de los mismos, como así también, de los cultivos que demandan este aporte y de las relaciones que se establecen entre ellos. De esta manera, se podrá llevar a cabo una correcta programación del riego, que implica un conjunto de procedimientos técnicos que permiten decidir cuándo y cuánto regar.

En el riego presurizado el agua se conduce y distribuye por conductos cerrados que requieren presión. Desde el punto de vista agronómico se denominan riegos localizados porque humedecen un sector de volumen de suelo (suficiente para un buen desarrollo del cultivo) y de alta frecuencia porque el sistema permite regar desde una a dos veces por día, todos los días o algunos días, dependiendo del tipo de suelo y las necesidades del cultivo. La posibilidad de efectuar riegos frecuentes permite reducir notoriamente el peligro de stress hídrico, ya que es posible mantener la humedad del suelo a niveles óptimos durante todo el período del cultivo, mejorando las condiciones para el desarrollo de las plantas.

**Monitorización del riego en cultivos** Para establecer de la manera más precisa posible la cantidad de agua y momentos de riego, la programación del riego debe tener en cuenta:

- la medición o estimación de variables ambientales: temperatura, presión, radiación solar, evapotranspiración.
- el monitoreo en el crecimiento y desarrollo del cultivo o fitomonitorio: tamaño del fruto, tamaño del tallo, flujo de savia, índice de estrés hídrico.

- la medición de variables en el suelo: temperatura, humedad, conductividad, constante dieléctrica.

Actualmente las parcelas de la región capturan la información relacionadas con estas variables de manera aislada e independiente por tipo de sensor (de temperatura ambiente, de humedad de suelo, dendrómetros, estaciones meteorológicas), utilizando para el análisis e interpretación de datos la interface de software suministrada por el fabricante del dispositivo. En trabajos anteriores sobre esta línea [1, 2, 3] se implementó un sistema de registro para esta información, pero la carga de datos aún se hace manualmente.

Este proyecto pretende automatizar la captura de la información de los distintos sensores en cada sector de la plantación utilizando redes de sensores inalámbricos [4]. Esta práctica ha sido implementada con éxito en diversos ámbitos como detección de incendios forestales [5] o la monitorización de viñedos [6]. Cada nodo de la red estará compuesto por un dispositivo inalámbrico autónomo y un conjunto de sensores para la recolección de datos de distinta naturaleza. Estas redes se caracterizan por su escalabilidad, ausencia de cableado, bajo consumo y gran variedad de magnitudes físico/químicas medibles, lo que las vuelve muy interesantes para aplicaciones en agricultura, ya que serían más costosas y complejas de implementar con otras tecnologías.

Se espera que a partir de la automatización de la recolección de información de los sensores y la integración con el sistema actual, se optimice la generación de estimaciones estadísticas y gráficos, lo que contribuirá al proceso de toma de decisiones relacionadas con el pronóstico y la planificación del riego.

**Riego automatizado inteligente** Existe una gran cantidad de sistemas para la determinación, control y automatización del riego que permiten un consumo de agua más reducido. Dentro de estos, se pueden destacar los temporizadores (mecánicos y electromecánicos), en los que el tiempo de operación se calcula en función del volumen de agua requerido por unidad de área y el caudal disponible. Estos controladores por tiempo, prácticamente se limi-

tan a la puesta en marcha y parada de la instalación de riego, o de una parte de ella y el periodo y la dosis de riego permanecen fijos según los tiempos programados en el temporizador. El comando de las válvulas se realiza eléctricamente a través de cables o hidráulicamente mediante microtubos de polietileno que sólo envían información preprogramada a los actuadores, pero no se ajustan a cambios en los restantes factores que influyen en el riego (nivel de humedad en el suelo, estado de las plantas, condiciones ambientales, etc.), necesitando reajustes de forma permanente para alcanzar altos niveles de eficiencia [7].

En nuestra región, los equipos de riego localizado empleados en la mayoría de las explotaciones agrícolas no poseen automatismos, o en algunos casos, estos se encuentran en desuso. La apertura y cierre de las válvulas de las diferentes subunidades y sectores de riego se realiza en forma manual, acotando los tiempos de riego, basándose principalmente en la experiencia de quien lo programa o en recomendaciones surgidas de mediciones de humedad de suelo. La fertirrigación sufre de las mismas limitaciones.

Como resultado inevitablemente este proceso provoca un desperdicio de agua y energía eléctrica, un riego inadecuado que no alcanza al nivel óptimo de humedad e implica un elevado costo operativo por la necesidad de contar con personal dedicado a la operación y mantenimiento de cada unidad de riego.

En los últimos años, se ha evolucionado hacia sistemas mucho más complejos que, basados en la utilización de microprocesadores o microcontroladores, posibilitan el control total de las instalaciones de riego [8]. Estos nuevos sistemas obtienen realimentación de información actual o pasada referente a variables edáficas (humedad del suelo, clima, demanda evaporativa del aire u otras) y ejecutan acciones de control que involucran el accionamiento de la bomba de agua, de las válvulas de riego e incluso la fertirrigación, con el fin de alcanzar un determinado nivel de humedad en el suelo.

Sin embargo, esos sistemas funcionan a modo de lazo cerrado con respecto a las variables que monitorizan. Para mejorar la eficiencia del riego se propone agregar cierto grado de inte-

ligencia a los mismos, mediante el empleo de modelos matemáticos que midan el error entre el valor detectado a través de sensores y el valor deseado. Si el error excede el grado de tolerancia asignado, el controlador utiliza un algoritmo adaptativo que modifica los parámetros del modelo y por lo tanto el criterio empleado por el controlador. Estos controladores de riego inteligente, evaluarán en forma permanente la dinámica del sistema y actuarán en base a predicciones hechas por el sistema integral descrito en el proyecto anterior para ajustar el suministro de agua eficientemente.

## Líneas de investigación y desarrollo

- Sistemas de información y bases de datos.
- Sistemas de tiempo real.
- Diseño de dispositivos de automatización.
- Comunicaciones inalámbricas.
- Redes de Sensores.

## Resultados y Objetivos

Se espera que la implementación de estos sistemas permitirá:

- Analizar y estudiar las diferentes tecnologías de microcontroladores, módulos de conexiones inalámbricas y tipos de sensores (de temperatura ambiente, de humedad de suelo, dendrómetros,) disponibles en el mercado.
- Monitorizar en forma centralizada, remota y en tiempo real las variables capturadas por los diferentes sensores.
- Mejorar la capacidad de administración y planificación de los recursos hídricos destinados al riego, a través del análisis de las variables obtenidas de los nodos instalados en sectores con diferentes características de suelo y clima.

- Configurar adecuadamente los algoritmos de control y aplicar estrategias de riego que optimicen la relación kg producido por m<sup>3</sup> de agua aplicada.
- Evaluar distintos esquemas de control, comparar los resultados e inferir en la elaboración de nuevas estrategias de riego.
- Aumentar la uniformidad y la eficiencia de la aplicación del agua del riego.
- Reducir los costos asociados de consumo del agua.

## Formación de Recursos Humanos

El equipo de trabajo está formado por cuatro docentes de las carreras Ingeniería en Sistemas y Licenciatura en Sistemas de la UNDeC (acreditadas por CONEAU), dos de los cuales están realizando su magister y uno finalizando su doctorado. También participan dos docentes de postgrado de otra universidad del país y cuatro alumnos avanzados de grado, tres de ellos realizando su trabajo de tesina final en esta línea de I+D.

Los integrantes son docentes de las asignaturas Arquitecturas de computadoras I y II, Arquitecturas paralelas, Programación I y II. Estas asignaturas contemplan la aprobación mediante la participación en proyectos de investigación, por lo que pueden surgir nuevos trabajos en esta línea.

## Referencias

- [1] F. B. Carmona, A. E. Riba, A. Sfeir, and F. E. Frati, "Pronósticos de riego presurizado para cultivo de olivo en regiones áridas," 2008, eje: Ingeniería de Software y Base de Datos. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10915/20640>
- [2] F. B. Carmona, E. A. Riba, A. Sfeir, and F. E. Frati, "Pronósticos de riego presurizado para cultivo de olivo en regiones áridas," 2010, eje: Innovación en Sistemas de Software. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10915/19571>
- [3] E. A. Riba, F. B. Carmona, F. E. Frati, J. D. Tejada, N. Acosta, and J. M. Toloza, "Integración y administración de índices de sensado en la programación y pronósticos de riego presurizado para cultivo de olivo en regiones áridas," 2012, eje: Innovación en sistemas de software. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10915/19218>
- [4] C.-Y. Chong and S. Kumar, "Sensor networks: evolution, opportunities, and challenges," *Proceedings of the IEEE*, vol. 91, no. 8, pp. 1247–1256, Aug. 2003.
- [5] Javier Solebera, "Detecting forest fires using wireless sensor networks," Sep. 2010. [Online]. Available: [http://www.libelium.com/wireless\\_sensor\\_networks\\_to\\_detec\\_forest\\_fires/](http://www.libelium.com/wireless_sensor_networks_to_detec_forest_fires/)
- [6] Alberto Bielsa, "Smart agriculture project in galicia to monitor a vineyard with waspmote," Jun. 2012. [Online]. Available: [http://www.libelium.com/smart\\_agriculture\\_vineyard\\_sensors\\_waspmote/](http://www.libelium.com/smart_agriculture_vineyard_sensors_waspmote/)
- [7] Richard G. Allen, Luis S. Pereira, Dirk Raes, and Martin Smith, "Crop evapotranspiration - guidelines for computing crop water requirements," *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, vol. 300, p. 15, 1998. [Online]. Available: [http://www.engr.scu.edu/~emaurer/classes/ceng140\\_watres/handouts/FAO\\_56\\_Evapotranspiration.pdf](http://www.engr.scu.edu/~emaurer/classes/ceng140_watres/handouts/FAO_56_Evapotranspiration.pdf)
- [8] Flavio Capraro, Santiago Tosetti, Facundo Vita, Daniel Patiño, Carlos Schugurensky, and Andrés Lage, "Sistema de control automático de riego por goteo. un enfoque para restringir agua en olivares," in *Proceedings del XIII Congreso Latinoamericano de Control Automático*, Colegio de Abogados del Estado Mérida, Venezuela, Nov. 2008, p. 8.