

Dispositivo hardware libre para medir niveles freáticos y altura hidrométrica

Emiliano López¹, Carlos Vionnet^{1,2} y Guillermo Contini¹

¹ Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe. elopez@fich.unl.edu.ar

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Santa Fe.

Resumen Contar con registros continuos de variables hidrológicas y a una buena resolución espacial es de gran interés tanto en el ámbito científico como agronómico. El elevado costo del equipamiento comercial atenta contra esta necesidad. Las plataformas de hardware libre surgen como una alternativa atractiva para el desarrollo de dispositivos flexibles y de bajo costo. En el presente trabajo se describe el diseño y desarrollo de un dispositivo datalogger hardware libre utilizado para mediciones automáticas de niveles freáticos y alturas hidrométricas, para pruebas realizadas en laboratorio y en campo con resultados alentadores.

Keywords: Monitorización · Arduino · Agricultura de precisión.

1. Introducción

La medición de las variables que intervienen en el ciclo hidrológico es de gran importancia tanto en el ámbito científico como agronómico. El conocimiento de su dinámica, como el nivel freático por ejemplo, puede mejorar la predicción a corto o mediano plazo y por tanto ayudar a la toma de decisiones en el agro. El registro automático de estas variables suele realizarse mediante equipamiento comercial poco flexible y costoso, lo que dificulta contar series continuas a una buena resolución espacial.

El surgimiento de las plataformas electrónicas de hardware libre han potenciado el desarrollo de dispositivos de todo tipo con relativa facilidad y a un costo ostensiblemente inferior que las alternativas comerciales [1] [2]. La flexibilidad y posibilidad de acceso a sus especificaciones técnicas sin afrontar el pago de licencias la convierten en una opción atractiva para el desarrollo de equipamiento de medición de las variables del ciclo hidrológico [3] [4] [5].

El Centro de Estudios HidroAmbientales tiene interés en el registro de variables como la humedad del suelo, precipitación, nivel freático, altura de ríos y arroyos, entre otras, razón por la que ha iniciado el desarrollo de dispositivos para su medición automática. El presente trabajo muestra los avances alcanzados en el diseño y desarrollo tanto del dispositivo hardware libre de almacenamiento -de aquí en adelante *datalogger*- como de la medición del nivel freático y la altura de ríos o arroyos.

El proyecto se han publicado bajo licencias libres CC BY-SA 4.0 para los archivos de diseño y GPLv3 para el software/firmware en la plataforma Open Science Framework³.

2. Materiales y métodos

El datalogger fue diseñado de forma independiente de las variables por medir, además ha sido optimizado para reducir su consumo eléctrico al mínimo (0.35vmA). Los componentes principales son un módulo reloj de tiempo real DS3231, un módulo de almacenamiento en memorias micro SD Catalex y un microcontrolador Arduino Pro Mini, en versiones de 3.3 y 5 volts.

El circuito de interconexión entre módulos y otros componentes electrónicos se montaron sobre una protoboard permanente en un primer prototipo, luego en una placa de circuito impreso (PCB) para la segunda versión mejorada (Fig. 1). El diseño mantiene el conexionado de pines compatibles con la placa mas popular, Arduino UNO, manteniendo compatibilidad para su expansión mediante los denominados shields y por ende la posibilidad de incorporar funcionalidades extras al datalogger (3G, WiFi, bluetooth, etc.).

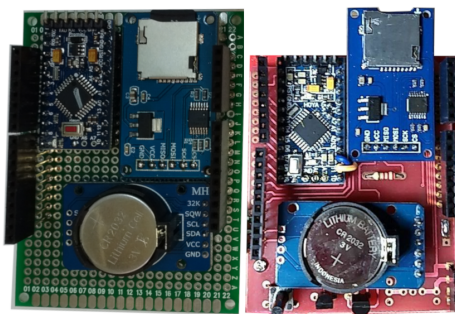


Figura 1. Datalogger, sobre protoboard (izq.) y montado en PCB (der.).

La gran mayoría de equipos que miden altura hidrométrica lo hacen utilizando sensores de presión sumergidos, registrando la presión de la columna de agua por encima del sensor. Otras mediciones son realizadas en forma manual, visualizando una escala hidrométrica instalada, tal es el caso de Prefectura Naval Argentina (PNA) y otras entidades como clubes náuticos. Las desventajas para el caso del sensor sumergido están vinculadas a la protección de la electrónica del agua, a la corrosión del material y por ende a su mantenimiento permanente. En el proceso manual, el esfuerzo y costo necesarios para tomar los registros.

La metodología propuesta consiste en una medición indirecta, mediante distanciómetros de diversas tecnologías: infrarrojos, láser y acústicos. En todos los

³ URL del Proyecto: <https://osf.io/tzqje/>

casos el principio de funcionamiento es similar, se calcula el tiempo de vuelo entre la emisión de un pulso y su recepción luego de rebotar en el obstáculo. De esta manera, un brazo colocado a una distancia fija, apuntando perpendicularmente a la superficie del río, nos dará una menor distancia en las crecientes y una lectura mayor en caso contrario (Fig. 2).

Para la medición del nivel freático se han llevado a cabo dos enfoques, idéntica a la mencionada con anterioridad para altura hidrométrica y utilizando sensores de presión sumergidos. Para el primer caso, se diseñaron con una impresora 3D los complementos necesarios para acoplarlos al extremo superior del tubo de la perforación, cuidando que la visión del sensor sea colineal al tubo. Para el caso del sensor de presión, se utilizó uno diferencial ya que es necesario compensar la presión atmosférica. Para todos los casos se utilizaron sensores digitales⁴ cuya comunicación con el datalogger es mediante protocolos I2C, SPI y Serie.



Figura 2. Distanciómetros acústicos: altura hidrométrica (izq.) y nivel freático (der.).

3. Resultados

EL datalogger ha sido confiable y se lo ha mejorado en cada prototipos, el consumo se ha reducido de 90 a 0.35 mA, alcanzando una autonomía de casi un año utilizando 4 pilas AA. Para la altura hidrométrica se realizaron primeramente pruebas en laboratorio y luego se instaló el dispositivo en un club náutico de la ciudad de Santa Fe, donde se registra la fluctuación del Río Paraná desde hace mas de un año con una frecuencia de muestreo de 5 minutos, siendo contrastada con las mediciones de PNA con excelentes resultados (Fig.3).

Para el análisis del nivel freático las pruebas se encuentran en fase de laboratorio, en esta instancia han descartado los distanciómetros debido a la dificultad para lograr una correcta alineación y por las interferencias producidas por la

⁴ Sensores analizados: HCSR4, MaxBotix HRXL, LIDAR-Lite, Sharp GP2Y0A710K, Honeywell HSR

condensación del agua dentro del tubo lo que produce lecturas erróneas en estos sensores, aun así se ha logrado registrar correctamente hasta los 3 primeros metros de profundidad. Los resultados preliminares del sensor de presión diferencial han sido alentadores y una vez finalizado el encapsulado se instalará en campo para su correcta prueba y calibración.

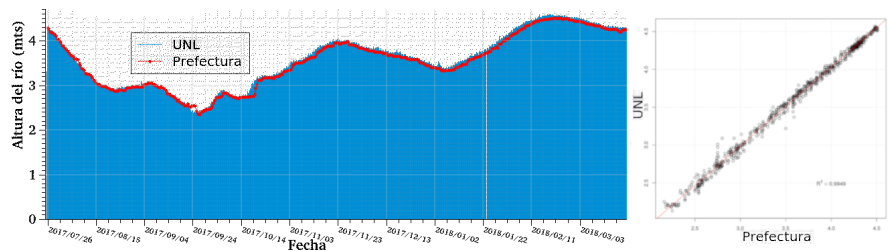


Figura 3. Altura hidrométrica contrastada con PNA.

4. Conclusiones

El datalogger desarrollado ha mostrado flexibilidad para registrar diferentes tipos de variables hidrológicas con un ínfimo consumo energético y a un costo ostensiblemente inferior al de las alternativas comerciales. Los resultados obtenidos para la altura hidrométrica dan cuenta de la bondad de este tipo de tecnologías quedando demostrada su robustez y estabilidad funcionando por más de un año sin intervención humana. Los sensores utilizados para las mediciones han mostrado una buena correlación en contraste con mediciones manuales.

Referencias

1. Fisher, D. K. (2012): Open-Source Hardware Is a Low-Cost Alternative for Scientific Instrumentation and Research. *Modern Instrumentation*, 1(2), 8–20
2. Netto, G. T., Arigony-neto, J (2019): Open-source Automatic Weather Station and electronic Ablation Station for measuring the impacts of climate change on glaciers. *HardwareX*, e00053.
3. Ali, A. S., Zanzinger, Z., Debose, D., Stephens, B.(2016). Open Source Building Science Sensors (OSBSS): A low-cost Arduino-based platform for long-term indoor environmental data collection. *Building and Environment*, 100, 114–126.
4. Wickert, A. (2014). The ALog: Inexpensive, Open-Source, Automated Data Collection in the Field. *Bulletin of the Ecological Society of America*, 95(2), 166–176. <https://doi.org/10.1890/0012-9623-95.2.68>
5. Fisher, D. K., Kebede, H. (2010). A low-cost microcontroller-based system to monitor crop temperature and water status. *Computers and Electronics in Agriculture*, 74(1), 168–173. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2010.07.006>