

## Sistema de monitoreo remoto versátil para riego por pivote central

Iñaki Albisu<sup>1</sup>, Juan Pablo Araneta<sup>1,2</sup>, Federico Cisneros<sup>1</sup>, José Mariano Finochietto<sup>1,2,3</sup>, Juan Manuel Garin<sup>1</sup> y José Robetto<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> PONCE, Mar del Plata 7600, Argentina  
{i.albisu, j.araneta, m.finochietto, j.robetto}  
@ponceautomations.com

<sup>2</sup> Universidad CAECE, Mar del Plata 7600, Argentina

<sup>3</sup> GIDI, Departamento de Informática, Universidad Nacional de Mar del Plata,  
Mar del Plata 7600, Argentina  
mariano.fino@fi.mdp.edu.ar

**Palabras Claves:** Internet de las Cosas, agricultura sustentable

### 1 Introducción

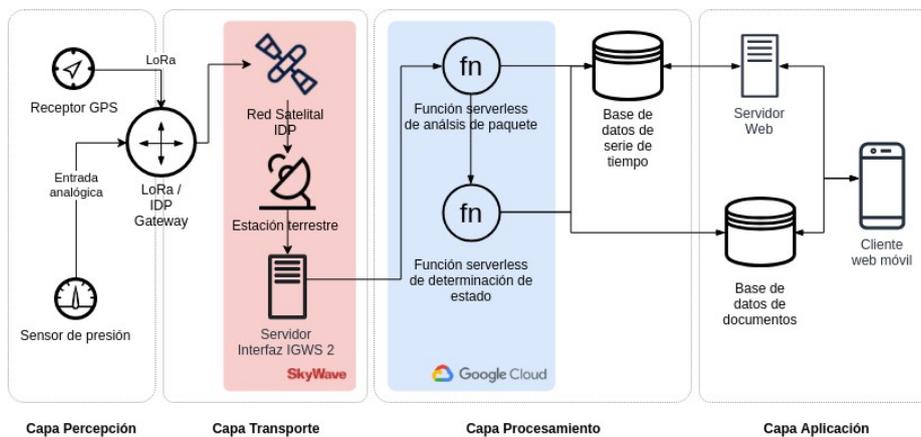
Uno de los sistemas de riego que más creció en superficie regada en la última década en Argentina es el pivote central [1]. Este sistema de riego por aspersión está conformado por una pirámide en el centro, y una serie de tramos enlazados que giran alrededor de la misma esparciendo agua y formando un círculo. Los caudales de agua utilizados varían según el cultivo y la configuración del equipo, pero es común que alcancen los 120.000 lt/h o más. Al ser equipos que operan de manera autónoma por varios días, no requieren de personas en el lote. Sin embargo, se realizan rondas de supervisión diarias ya que cualquier desperfecto en el equipo puede resultar en grandes pérdidas. Por ejemplo, si el equipo no avanza porque sus ruedas patinan en el barro y la bomba sigue funcionando con un caudal como el descrito, se estarían desperdiciando miles litros de agua dulce por hora que podrían utilizarse para otros consumos.

Existen alternativas a las rondas de supervisión para conocer el estado de los equipos sin tener que viajar al campo, pero tienen dos características que dificultan la adopción por parte de los productores. La primera es que dependen de una infraestructura de comunicación que en muchas zonas de Argentina no está disponible [2]. Estas necesitan de cobertura celular o WiFi en el lote o en las proximidades del mismo, ya sea para enviar alertas SMS, para comunicarse desde el lote a un servidor en Internet, o para comunicarse con un nodo cercano mediante RF y utilizarlo como gateway a Internet. La segunda es que muchos de estos productos son provistos por los mismos fabricantes de equipos de riego y sólo funcionan en algunos modelos.

Este trabajo presenta el diseño e implementación de un sistema de Internet de las Cosas [3] que permite monitorear el estado de un pivote central. Se adapta a cualquier modelo, y puede instalarse en cualquier lote de Argentina.

## 2 Materiales y métodos

El sistema puede organizarse mediante las cinco capas arquitectónicas [3] comúnmente utilizadas para estructurar un sistema de Internet de las Cosas: percepción, transporte, procesamiento, aplicación y negocio. Para simplificar el análisis del diseño del sistema, no se incluye la capa de negocios y algunos servicios (como las notificaciones SMS), y tampoco se detallan los algoritmos de detección de fallas. La Figura 1 muestra los componentes principales, y a continuación se describen las capas.



**Fig. 1.** Diagrama de capas de la solución con orientación horizontal

**a) Capa percepción:** El desafío principal en esta capa es el de diseñar un sistema de sensores que pueda ser utilizado en cualquier pivote central (interoperable). Luego de analizar productos similares [4], se determinó utilizar un receptor GPS en la punta de los tramos y un sensor de presión en el caño principal de agua del equipo. El receptor GPS es la placa open source SODAQ ONE v3 [5] alimentado con un panel solar de 1 WATT, el cuál envía la posición periódicamente a un gateway diseñado especialmente para este proyecto. El gateway se alimenta del tablero principal del pivote, y tiene conectado el sensor de presión a una entrada analógica de su microcontrolador ATMEGA2560. Con la posición se determina su ubicación y si se está moviendo, y con el sensor de presión si hay agua fluyendo.

**b) Capa transporte:** Dos puntos importantes a resolver en esta capa incluyen cómo comunicar el receptor GPS con el gateway, teniendo en cuenta que puede haber cientos de metros de distancia entre ambos, y cómo enviar los datos del campo a un servicio remoto, considerando que el lote puede no contar con señal celular ni servicio de Internet. Para el primer caso, se resolvió utilizar LoRa, un protocolo RF que tiene un alcance teórico mayor a 30 km [6]. Para el segundo caso, se escogió la comunicación satelital ya que esta garantiza conectividad en cualquier ubicación a cielo abierto sin necesidad de montar una infraestructura aparte. El proveedor elegido fue SkyWave que cuenta con una red de satélites geostacionarios llamada Isat-

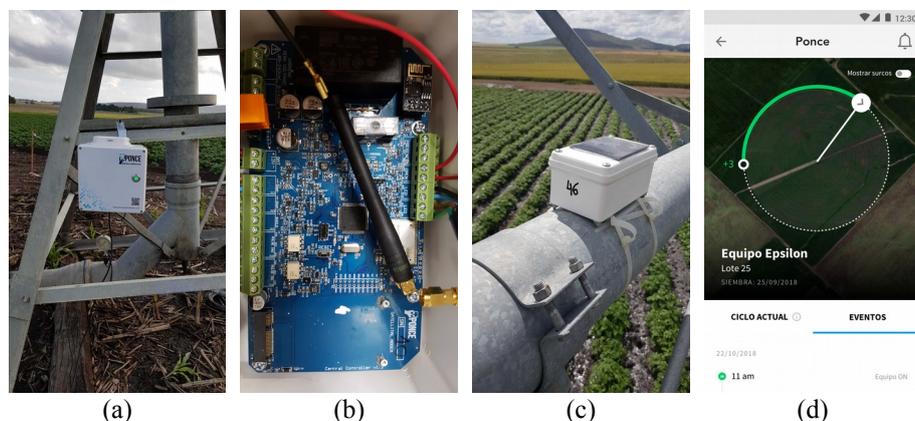
Data Pro (IDP) con cobertura en la región. El gateway, entonces, arma un paquete con datos de presión y posición, y los envía al satélite cada 15 minutos, para que luego sean consumidos por una interfaz REST. El período de envío se eligió considerando los costos del servicio satelital y la necesidad de negocio.

**c) Capa procesamiento:** El objetivo de esta capa es procesar y almacenar los datos que llegan desde el campo, para determinar si el equipo de riego está apagado, regando o en falla. Al estar en una fase experimental, es importante poder aumentar o disminuir fácilmente los recursos necesarios para el procesamiento. Se optó por montar un ambiente *serverless*, en el cual el proveedor asigna los recursos necesarios para ejecutar el código de manera dinámica [7]. Puntualmente se eligió un modelo FaaS (Function-as-a-Service), donde el código que se envía al servidor es una función asociada con un activador. Como proveedor, se optó por Google Cloud Platform, debido a que ya se contaba con experiencia en su uso, y los productos utilizados fueron Cloud Functions como herramienta FaaS y Cloud PubSub como sistema de mensajería y activadores. Para almacenar tanto los paquetes sin procesar (a modo de copia de seguridad) y los estados ya procesados, se eligió *Keen.io* que es un servicio robusto de almacenamiento y consulta de eventos, el cual permite asociar dichos datos con una fecha y hora para optimizar consultas con parámetros temporales.

**d) Capa aplicación:** Se relevaron cuatro requerimientos que se destacan. El primero es que se debe poder acceder desde un teléfono celular ya que el productor agrícola no siempre está en su oficina. El segundo involucra la interoperabilidad por lo que debe funcionar en gran variedad de modelos y marcas de celular (smartphones). El tercero es que la interfaz gráfica debe reflejar rápidamente los cambios de estado del riego de manera automática. Y el cuarto es que se debe poder consultar la información aún cuando no haya conexión a Internet, por ejemplo en el campo. Para resolver las primeras dos cuestiones se desarrolló una aplicación web adaptable a distintos tamaños de pantalla, lo que permite utilizar cualquier celular moderno como cliente. Para las otras dos, se utilizó la base de datos NoSQL Firestore, que mediante WebSockets actualiza a los clientes cuando detecta un cambio en sus documentos, y se optó por desarrollar la aplicación como PWA (Progressive Web Applications) con caché en el cliente.

### 3 Resultados

La Figura 2 muestra imágenes de los resultados del diseño e implementación del sistema propuesto, que comenzó en mayo de 2018 y culminó en marzo de 2019. En total, se monitorearon 59 equipos de 5 marcas distintas: Valley, Lindsay, T-L, Montenegro y Rockink. La distancia más larga entre el receptor GPS y el gateway fue de 770 m mientras que la más corta fue de 282 m. Los mismos estuvieron distribuidos en la Provincia de Buenos Aires, procesando más de 8.035.200 bytes provenientes del gateway y detectando 144 fallas verificadas por los usuarios.



**Fig. 2.** Implementación del sistema: (a) foto del gateway en campo, (b) foto de la placa del gateway, (c) foto del receptor GPS en campo y (d) captura de la aplicación

## 4 Conclusiones

Se presentó una propuesta de sistema de Internet de las Cosas y su implementación, aplicada a una problemática del agro. Entre los desafíos futuros se encuentran monitorear nuevos modelos de pivote en nuevas regiones del país y mejorar la calidad del servicio en base al análisis de los datos recolectados en esta experiencia. Además, se trabajará en cómo utilizar los datos disponibles para agregar más funcionalidad y en incorporar nuevos sensores migrando a un estándar como LoRaWAN.

## Referencias

1. UTF/ARG/017/ARG Desarrollo Institucional para la Inversión: Estudio del potencial de ampliación del riego en Argentina. FAO. ISBN 9789253089956. (2015)
2. ENACOM. Mapa de conectividad nacional. <https://indicadores.enacom.gov.ar/MapasConectividad.aspx>
3. Sethi, Pallavi, and Smruti R. Sarangi. Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications. *Journal of Electrical and Computer Engineering* 2017 (2017) 1-25
4. Peters, R. T., and S. R. Evett. Using Low-Cost Gps Receivers For Determining Field Position Of Mechanized Irrigation Systems. *Applied Engineering in Agriculture* 21, no. 5 (2005) 841-45
5. SODAQ ONE. 10/7/2019, de SODAQ. <https://support.sodaq.com/sodaq-one/sodaq-on>
6. Ray, Partha Pratim. Internet of Things for Smart Agriculture: Technologies, Practices and Future Direction. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments* 9, no. 4 (2017) 395-420
7. Eyk, Erwin Van, Lucian Toader, Sacheendra Talluri, Laurens Versluis, Alexandru Uta, and Alexandru Iosup. Serverless Is More: From PaaS to Present Cloud Computing. *IEEE Internet Computing* 22, no. 5 (2018) 8-17