

Sistema de respaldo para la Red Hidrológica del Río Salado

Dario Villarreal¹, Emiliano López¹, Guillermo Contini¹, Carlos Vionnet^{1,2}

¹ Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Universidad Nacional del Litoral. RN 168 - KM 472.4. (3000); elopez@fich.unl.edu.ar

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Universidad Nacional del Litoral, Ciudad Universitaria, Paraje El Pozo, (3000) Santa Fe, Argentina

Resumen Una red de alerta hidrológica es diseñada para anticipar la ocurrencia de un evento hidrológico extremo buscando así mitigar sus posibles impactos. En el año 2006 el Gobierno de la Prov. de Santa Fe implementó un Sistema de Alerta Hidrológico para la cuenca del Río Salado que permite conocer su estado en tiempo real. De las fallas que relevadas, un 20 % corresponden a problemas en la transmisión satelital de las estaciones. El presente trabajo brinda una solución a este problema implementando una vía de comunicación alternativa y complementaria a la satelital utilizando tecnologías de transmisión WiFi y Celular de bajo costo, presentes en el mercado local. Las pruebas realizadas en campo han demostrado que fue posible reducir las fallas en la transmisión a un 1 % incorporando además la posibilidad de administración remota, funcionalidad no presente en el sistema original.

Palabras Claves: Automatización, Transmisión, Python, Software Libre, Datalogger

1. Introducción

Una red de alerta hidrológica es diseñada para alertar de manera anticipada a la comunidad sobre la probabilidad de ocurrencia de un evento hidrometeorológico extremo que pueda generar una situación de emergencia y así mitigar los impactos de los fenómenos mediante la implementación de medidas de respuesta ante una amenaza inminente. Existen muchas redes de este tipo en el mundo entre las que podemos citar el Iowa Flood Center[1] en Estados Unidos o el Instituto Federal de Hidrología[2] de Alemania; en América Latina podemos encontrar el Sistema de Alerta de la Cuenca del Plata[3] que abarca las regiones de los países Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay.

Luego de la inundación sufrida en la ciudad de Santa Fe en el año 2003, el Gobierno Provincial avanzó en la implementación del Sistema de Alerta Hidrológico (SAH) para la cuenca del Río Salado que permite disponer de datos en tiempo real sobre el estado de la misma. Estos datos son de suma utilidad y permiten prever la respuesta hidrológica de la cuenca a fin de mitigar los efectos negativos de las situaciones extremas.

1.1. Sistema de alerta hidrológico (SAH)

La red telemétrica, implementada a partir del año 2006, se compone de 38 estaciones (Fig. 1) cuyo objetivo es el monitoreo continuo de los eventos hidrometeorológicos que suceden en el centro-norte de la Provincia mediante la medición de datos en tiempo real. Las estaciones están comprendidas en un área aproximada de 30.000 km², con extremos entre las localidades de Santa Fe, Vila, Tostado y Las Gamas. De las 38 estaciones instaladas, 24 son hidrométricas y 14 hidrometeorológicas.

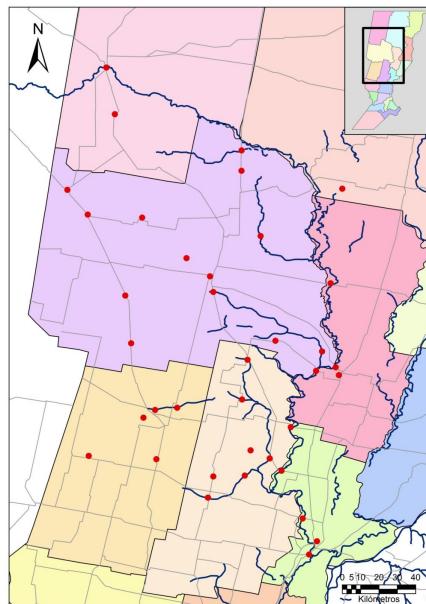


Figura 1. Ubicación de las 38 estaciones del SAH del Río Salado.

1.2. Componentes y funcionamiento

Cada estación cuenta de un gabinete exterior que sirve de protección a uno interior que cumple con la norma IP65 (evita el ingreso de agua y polvo) y donde se aloja el datalogger (Unidad de Transmisión Remota – UTR); las borneras de conexión; el transmisor satelital (sistema ORBCOMM[4]) y el sistema de alimentación (batería y regulador de voltaje). Las estaciones presentan dos formas de alimentación de energía: conexión a la red eléctrica urbana o con paneles solares que alimentan baterías recargables.

El sistema de transmisión satelital utilizado por la red de alerta adquirida por el Gobierno de la provincia de Santa Fe se denomina ORBCOMM. Este sistema consiste en satélites de tipo LEO (Low Earth Orbit, cuyo significado es órbita baja terrestre) que orbitan la tierra varias veces por día y al establecer vínculo con las estaciones instaladas en campo envían mensajes para encuestar

lo almacenado. Luego el satélite descarga los datos en el centro de control de la red ORBCOMM. Y por último son enviados por Internet al usuario final, en este caso el Gobierno de la provincia de Santa Fe. El detalle de funcionamiento se puede apreciar en la Fig. 2.

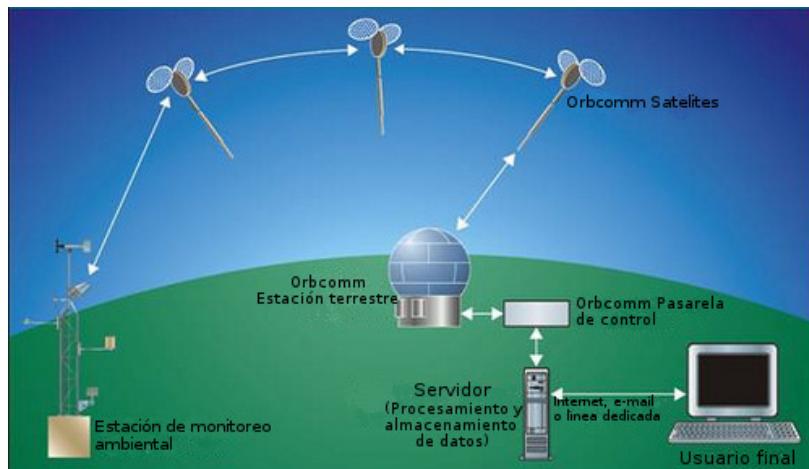


Figura 2. Esquema de funcionamiento de la red ORBCOMM [5].

Los datos son recibidos por centro de procesamiento donde se almacenan para su posterior uso en herramientas predictivas de modelación hidrológica.

Cada estación cuenta además con un puerto de servicio para su gestión in situ en forma manual posibilitando el acceso a los datos almacenados en las memorias internas del datalogger a través del uso exclusivo del software provisto por el fabricante. Periódicamente se realizan visitas a cada una de las estaciones para verificar su correcto funcionamiento y se obtiene una copia de los datos utilizando el puerto mencionado anteriormente. En la Fig. 3 se muestra el interior de una estación del SAH y se indican sus componentes.

La **Unidad de Adquisición y Registro** (UTR) es el dispositivo que conecta los diferentes sensores, encargado de almacenar periódicamente los datos en una memoria interna y en otra extraíble. La alimentación es a través de corriente continua (CC), utilizando un sistema de energía solar (batería, regulador de voltaje y panel).

Para la realización de este proyecto se tuvo acceso a una UTR, software y manuales cedidos por el Ministerio de Aguas, Servicios Públicos y Medio Ambiente (MASPyMA) de la Provincia de Santa Fe.

1.3. Limitaciones y fallas del SAH

El sistema descripto posee diversos inconvenientes, uno de ellos es limitar la extracción manual de los datos a un software exclusivo; que al ser de tipo caja negra, imposibilita emplear un método alternativo de extracción y transmisión

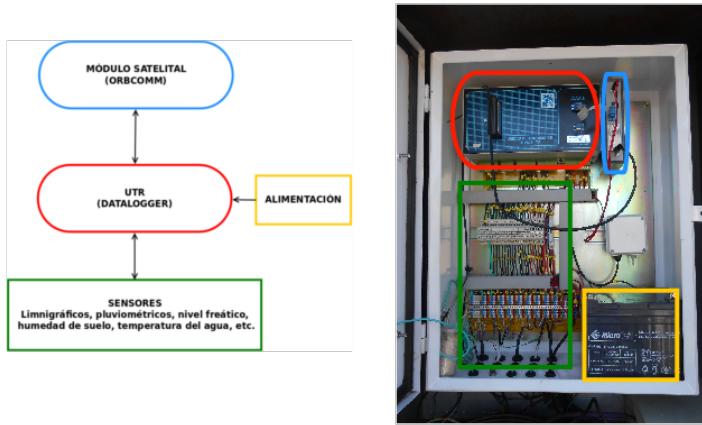


Figura 3. Vista de los principales componentes de una Estación del SAH.

de datos prescindiendo del software original con el fin de una mayor flexibilidad. Otro problema que se presenta es que al utilizar el puerto de servicio se inhibe la transmisión satelital de los datos.

Además, el centro de procesamiento de los datos ha evidenciado diferentes tipos de fallas en el sistema. El caso más preocupante es la pérdida total del dato de algunas estaciones debido a fallas en la comunicación satelital cuyas causas son impredecibles y se encuentran relacionadas a factores meteorológicos, de interferencias o aleatorias. Este problema produce faltantes en las series temporales de datos. También es complejo consultar datos desde la central a la estación remota .

De acuerdo a un estudio [6] realizado por el Centro de Informaciones Meteorológicas (CIM [7]) de la Universidad Nacional del Litoral, entre los años 2008 y 2013 se detectaron 425 fallas, clasificadas en las siguientes categorías: transmisión o envío remoto de los datos, insectos y/o alimañas, alimentación, sensor, vandalismo, datalogger y daño atmosférico (Fig. 4). Aproximadamente el 20 % corresponden a la transmisión de los datos.

2. Materiales y Métodos

2.1. Sistema propuesto

El presente trabajo pretende brindar una solución al problema descripto previamente, **implementando una vía de comunicación alternativa y complementaria a la transmisión satelital** con el fin de evitar la pérdida de información del sistema de alerta hidrológico.

El diseño propuesto incorpora tres elementos, una MiniPC en cada estación, encargada de gestionar la recolección de datos de la UTR, un router para dar conectividad a Internet y un servidor que recibe los datos de cada punto de

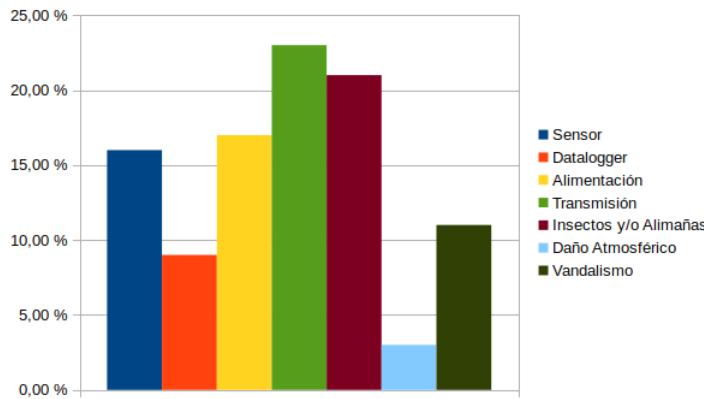


Figura 4. Fallas del SAH entre 2008 y 2013.

observación, procesando y almacenándolos para su visualización a través de un sitio web, además permite enviar directivas hacia los equipos de campo. En la Fig. 5 se visualizan tanto los elementos del SAH como los implementados. La

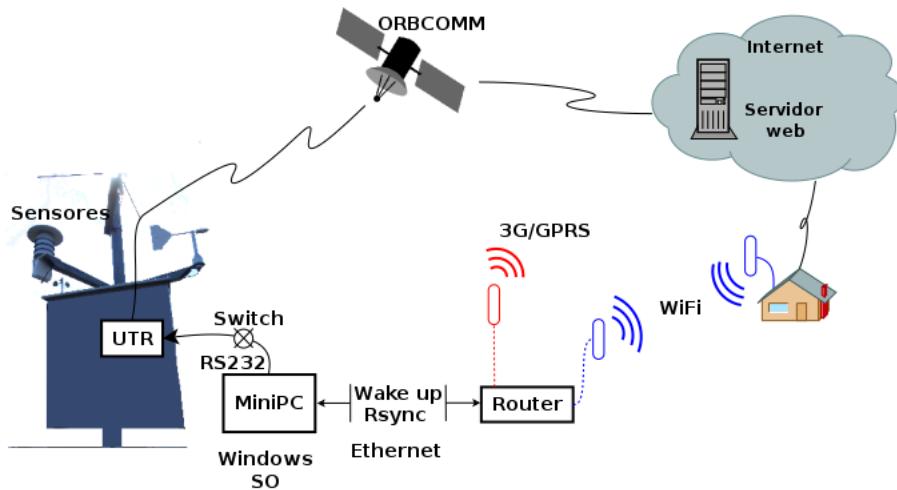


Figura 5. Sistema con alternativa de transmisión celular (rojo) y WiFi (azul).

MiniPC se instaló en las estaciones junto a la UTR, su funcionamiento comienza con un autoencendido a un horario preestablecido o bien siendo encendida fuera de agenda en forma remota.

Para realizar el encendido remoto es necesario el acceso desde Internet a un elemento en la misma red de la MiniPC, aquí es donde entra en función el router hogareño de bajo consumo, comúnmente denominado SOHO (Small Office / Home Office). Este equipo fue programado con un sistema GNU/Linux

embebido lo que permite contar con decenas de herramientas útiles para el acceso remoto [8] [9].

Este router GNU/Linux tiene una doble funcionalidad, por un lado para el acceso remoto y por el otro como punto de salida hacia Internet, ya sea mediante tecnología celular o a través de un enlace inalámbrico hasta un punto cercano.

Tal como se observa en la Fig. 5, la interconexión física entre estos componentes es, de la UTR del SAH a la MiniPC, mediante una conexión serie RS232 y entre ésta y el router una conexión cableada ethernet 802.3.

Desde el router hacia Internet se plantearon dos alternativas inalámbricas de acceso que son descriptas en más detalle a continuación.

Alternativas de acceso a Internet. Teniendo en cuenta la ubicación de las estaciones del SAH, se implementaron dos opciones en función de las facilidades de acceso a Internet: una para aquellas estaciones que cuentan con acceso a Internet en las cercanías (por ejemplo Santa Fe); la otra es para aquellas que se encuentran aisladas (por ejemplo Santo Tomé).

Para la primera alternativa se implementó un enlace inalámbrico 802.11 para alcanzar el punto de acceso a Internet cercano desde la estación de medición, de esta manera, se obtiene una conexión estable y se evita el costo del uso de la red de datos de telefonía celular.

En la segunda alternativa, el acceso Internet fue directamente a través de telefonía celular. Para este caso se conectó un modem 3G/GPRS/GSM al router mediante su puerto USB.

Acceso remoto a las estaciones. Es crucial el acceso remoto al sistema, ya sea para ejecutar acciones fuera de agenda, para corroborar el correcto funcionamiento o para realizar cambios manuales. Por este motivo, se diseñó e implementó una red privada virtual (VPN, del inglés Virtual Private Network). Esta red no solo soluciona este inconveniente sino que suma seguridad a la transferencia de datos, realizándola en forma cifrada. Para su implementación se utilizó el mismo servidor de datos como servidor VPN. En la Fig. 6 se observa el diagrama de la red privada virtual.

2.2. Componentes del sistema

El sistema implementado está constituido por componentes físicos como la MiniPC, el router y el enlace de comunicación; de infraestructura, referido al despliegue y configuración de servicios en los sistemas operativos y servidor; y el desarrollo de software para la extracción de datos de las estaciones y su visualización en el servidor web.

MiniPC. La función principal de este componente es ejecutar el software desarrollado para extraer los datos de las estaciones del SAH y enviarlos hacia Internet. El gabinete utilizado tiene las dimensiones adecuadas (215mm x 205mm x 63mm) para su correcta ubicación dentro de la caja estanca que posee cada estación. La MiniPC posee Windows 7, restricción impuesta por el software propietario de las estaciones del SAH que funciona únicamente bajo sistemas operativos de Microsoft Windows. Cuenta con Python que es el lenguaje de programación interpretado utilizado por el software desarrollado; CygWin[10] que

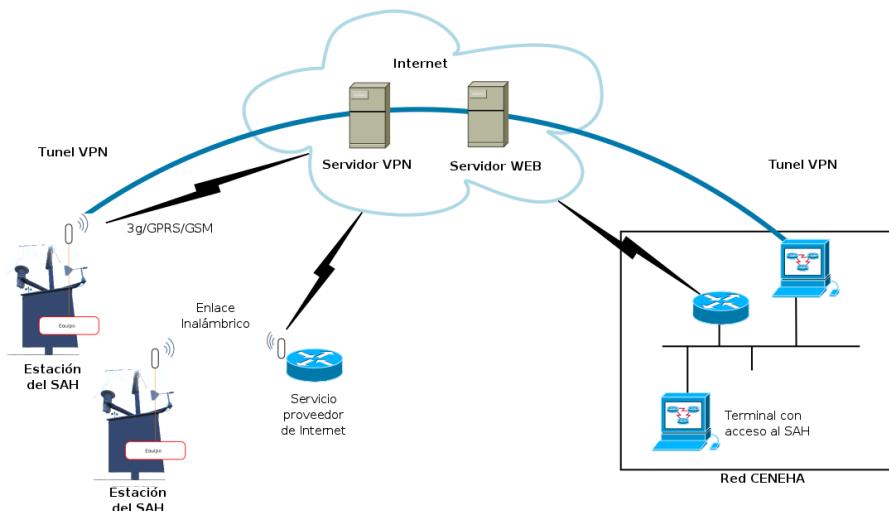


Figura 6. Diagrama del sistema implementado.

es una colección de herramientas desarrollada por Cygnus Solutions para proporcionar un comportamiento similar a los sistemas Unix en Microsoft Windows. También se instalarán: OpenVPN[11], servicio utilizado para crear redes privadas virtuales; y el software TeamViewer [12] que tiene como propósito conectarse remotamente a otro equipo.

Software. El desarrollo del sistema fue incremental basado en el modelo de prototipos [13]. Debido a la imposibilidad para establecer comunicación con las UTR de las estaciones sin hacer uso de la aplicación provista por el fabricante, se desarrolló un software, utilizando el lenguaje Python[14], que permite manipularla en forma automática, simulando el proceso manual que realizan los operadores de la red, evitando interferir con el normal funcionamiento y agregando una vía alternativa de transmisión inalámbrica, ya sea para enviar datos a Internet o para modificar parámetros en forma remota. Para lograr esta funcionalidad se utilizó PyAutoGUI[15] que provee un entorno de automatización de procesos como una biblioteca Python, lo que permite utilizar todas las ventajas del lenguaje como la orientación a objetos, la fácil lectura y escritura de archivos de configuración.

Otro componente de software desarrollado en el presente proyecto se corresponde con el alojado en el servidor, que consiste en un proceso latente que monitorea la aparición de nuevos datos y ejecuta un algoritmo que detecta a qué estación pertenecen, y a qué sensor corresponden (Pyinotify³); para almacenarlos en una base de datos relacional. Luego estos datos son mostrados en un sitio

³ Módulo de Python para monitorizar los cambios en el sistema de archivos. Se puede controlar cuando se crea un archivo, su acceso, eliminación, modificación. <https://github.com/seb-m/pyinotify>:

web en forma de graficos de linea. Además se brindó, para usuarios registrados, un acceso a los datos en formato ODS⁴.

Equipamiento complementario

Llave electrónica. Uno de los problemas o limitaciones que presentan las UTR de las estaciones del SAH es la inhabilitación del módulo de transmisión satelital al utilizar el puerto de servicio. Por este motivo se diseñó e implementó una circuito electrónico que funciona como una llave, habilitando la comunicación del puerto de servicio hacia la MiniPC solo cuando se ejecuta el software de extracción de datos. Esto imita en forma automática la conexión y desconexión manual que realiza el operario en sus tareas de mantenimiento.

Temporizador. La gran mayoría de las estaciones se encuentran alimentadas por un sistema fotovoltaico. Para no afectar su desempeño se adicionó una batería de 12v que alimente la MiniPC y el router.

Si bien el router no presenta un consumo elevado, se buscó minimizar el tiempo de funcionamiento para optimizar la energía disponible de la batería. Para esto se diseñaron una serie de ventanas temporales donde el sistema es activado permitiendo el acceso remoto, el encendido de la MiniPC, etc. y fuera de estos rangos todo el sistema es apagado.

Para implementar este sistema se utilizó un temporizador programable con un regulador de tensión que corta la energía de la batería hacia los dispositivos y los activa en ventanas de 30 minutos para la tarea programada y ventanas adicionales para las tareas no programadas.

2.3. Secuencia de funcionamiento

El conjunto de componentes descritos funcionan de manera orgánica a partir de una secuencia de acciones. Esta serie de pasos están preestablecidos y son comandados principalmente desde el software desarrollado, algunos de ellos configurables, que van desde el encendido hasta el apagado automático de la MiniPC. A continuación se describe de manera detallada la secuencia de funcionamiento del sistema.

A - Encendido: consiste en el autoencendido de la MiniPC mediante el protocolo Real Time Clock Alarm (configurable desde la BIOS) o el encendido remoto mediante el protocolo Wake On Lan. Una vez iniciado el sistema operativo se realizan las siguientes acciones:

- Se realiza la conexión a la VPN previamente configurada en el programador de tareas del sistema operativo.
- También mediante el programador de tareas se inicia el software desarrollado.

⁴ Es un formato de archivo de hoja de cálculo estándar utilizado por OpenOffice / StarOffice.

- Se verifica si existe una nueva versión del archivo de configuración en el servidor, de ser así se descarga.
- El software desarrollado lee el archivo de configuración para establecer los datos que debe extraer (instantáneos y/o históricos).
- B - Conexión:** Se energiza la llave electrónica y el software pone en estado ALTO un pin del puerto paralelo que cierra el circuito simulando la conexión manual al puerto de servicio.
 - Se inicia el software de la UTR.
- C - Extracción:** El software desarrollado extrae y descarga los datos almacenados en la UTR y/o extrae los datos instantáneos (leídos directamente de los sensores).
 - En función de los parámetros del archivo de configuración extrae los datos de la estación manipulando el software del fabricante.
 - Se cierra el software de la UTR.
- D - Desconexión:** El software pone en estado BAJO el pin del puerto paralelo dejando abierto el circuito simulando la desconexión manual.
- E - Envío remoto:** Se envían los datos usando el protocolo RSync [16] hacia un servidor en Internet.
 - Para facilitar las tareas remotas se visualiza un diálogo que permite posponer el apagado.
- F - Apagado:** Luego de 2 minutos (5 minutos si se pospone el apagado) se apaga automáticamente la MiniPC mediante comandos del sistema operativo.

2.4. Pruebas

En esta sección se describen las pruebas realizadas en condiciones reales de funcionamiento. Las mismas fueron llevadas ha cabo en el campus de la UNL, en la ruta Nro. 168 sobre el acceso al barrio El Pozo. Y en las estaciones del SAH de Santa Fe, Santo Tomé. Cabe destacar que antes de realizar estas actividades cada uno de los componentes del sistema fue probado exhaustivamente en laboratorio.

Campus de la UNL y RN 168. Los objetivos de estas pruebas fueron, evaluar el desempeño del temporizador y el envío de información. Además obtener la máxima distancia de comunicación entre las antenas.

Estación del SAH en Santa Fe. Esta estación se encuentra en el norte de la ciudad de Santa Fe en un predio que posee el MASPyma. La misma cuenta con energía provista por la red de servicio eléctrico urbano y con acceso a Internet.

Aquí se implementó un enlace inalámbrico 802.11 con dos antenas Ubiquiti. Una de ellas fue ubicada junto a la estación (ii en la Fig. 7), conectada a la MiniPC y configurada en modo station. La restante se configuró en modo AP y se ubicó adyacente a la oficina del MASPyma que permitió su conexión a Internet mediante un cable UTP (i en la Fig. 7). Esta instalación permitió probar los sucesivos prototipos que se fueron generando.



Figura 7. Estación del SAH en Santa Fe - Implementación de prototipos.

Estación del SAH en Santo Tomé. La estación de Santo Tomé encuentra sobre el puente carretero en el acceso a la ciudad de Santo Tomé. Aquí el suministro eléctrico es provisto por paneles solares y no cuenta con acceso a Internet en la inmediaciones.

El esquema de configuración consistió en la MiniPC, router TP-Link MR3020 y temporizadores conectados a una batería de 12V. Por medio de 30 configuras para obtener conexión a las distintas 3G/GPRS/GSM. (Ver Fig. 8) mediante el software desarrollado que extrae y envía los datos.

2.5. Consumo

Luego de las pruebas se realizó un análisis de consumo tanto de los dispositivos en forma individual como del sistema en conjunto. Obteniendo el consumo máximo de energía de $4,83[Ah/día]$ en la opción de transmisión mediante el módem 3G. Al contrastar este valor con la energía recuperada en el día por el panel fotovoltaico, que es de $6,25[Ah]$, determinamos que se evita la descarga total de la batería.

3. Resultados y Discusión

Aquí se comparan y analizan los datos obtenidos por medio del sistema desarrollado en contraste con los recibidos por la transmisión satelital. Para la comparación se utilizaron los sensores de temperatura del aire de la estación de Santa Fe y de altura hidrométrica para la estación de Santo Tomé.



Figura 8. Estación del SAH en Santo Tomé - Implementación de prototipos.

3.1. Estación de Santa Fe

Para dicha estación se utilizó el sensor de temperatura del aire que está configurado para tomar seis muestras diarias, a razón de una muestra cada cuatro horas.

En la Fig. 9 se visualizan los datos obtenidos entre el 6 y 19 de julio de 2015. Podemos ver que con el sistema alternativo se recibieron todos los datos mientras que con el sistema del SAH se perdieron datos en cinco oportunidades. El período analizado implica la obtención de 78 muestras. Los datos perdidos por sistema base fueron 15, que representan un 18 % de la información.

3.2. Estación de Santo Tomé

Esta estación posee dos sensores, de altura hidrométrica y de voltaje de batería. Para realizar el contraste de los datos solo se utilizó el primero. El sensor de altura hidrométrica esta configurado por defecto para tomar una muestra diaria, además están configuradas, en la UTR, alertas que ante una determinada variación de la altura de Río Salado toma una muestra.

La información fue obtenida entre el 15 de diciembre de 2015 y el 13 de enero de 2016. En Fig. 10 se muestran la comparación de los datos adquiridos por los dos sistemas. Aquí podemos diferenciar claramente tres tipos de fallas: fallas del sistema del SAH en 11 intervalos de tiempo diferente, fallas del sistema desarrollado por espacio de 1 día y fallas de la UTR por un tiempo de 3 días. Se recavaron un total de 61 muestras; en el sistema del SAH se produjo un faltante de 23 muestras que implica una perdida del 38 % de la información.

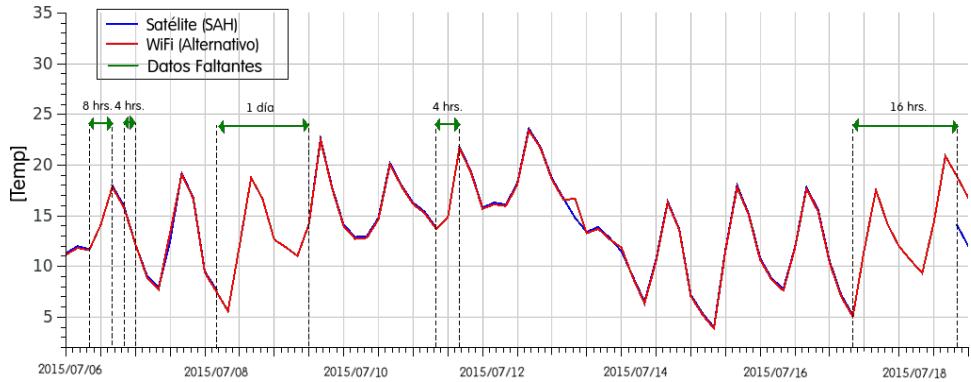


Figura 9. Contraste de datos - temperatura del aire - Estación de Santa Fe.

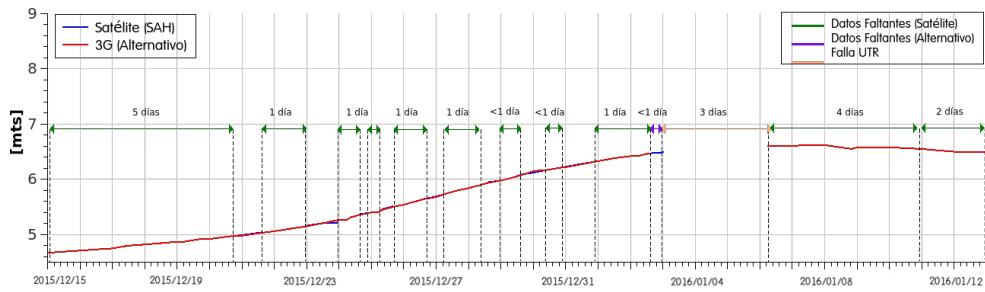


Figura 10. Contraste de datos - altura hidrométrica - Estación de Santo Tomé.

3.3. Costos del proyecto

Podemos destacar los costos según el enlace implementado. La alternativa WiFi tuvo un costo de \$9900 mientras que la opción que utiliza 3G \$7800. Ambos valores resultan ser ampliamente inferiores al envío satelital utilizado por el sistema base.

4. Conclusiones

El propósito de este trabajo fue evitar o minimizar la pérdida de datos que suele darse en el sistema convencional sin interferir en su normal funcionamiento. La metodología ha probado ser una solución robusta, flexible y conveniente para mejorar la confiabilidad del sistema existente incorporando una vía de transmisión redundante.

Otro aporte del desarrollo realizado es la capacidad de gestión remota - inexistente en el SAH- de las estaciones de medición, permitiendo modificar parámetros de configuración como la frecuencia de muestreo, las umbrales de las alarmas, habilitar o deshabilitar sensores, entre otros.

Durante la fase de pruebas, el sistema de comunicación oficial mostró una tasa de fallos promedio del orden del 20 % en comparación con la interfaz desarrollada, que fue inferior al 1 %. En todos los casos, los resultados han demostrado no solo la consistencia de la información transmitida por la alternativa propuesta, sino también se logró completar los faltantes de información cuando el sistema convencional experimentó alguna falla inesperada.

Es importante destacar que el sistema aquí propuesto no es aplicable a la totalidad de las estaciones pertenecientes a la red de alerta, debido a que algunas de ellas no cuentan con las alternativas de acceso a Internet utilizadas (Fig. 11). Aun así sería factible de implementar en aquellas estaciones que son de relevancia hidrológica, esto es, subcuenca de aportes hídricos importantes. Desde el punto

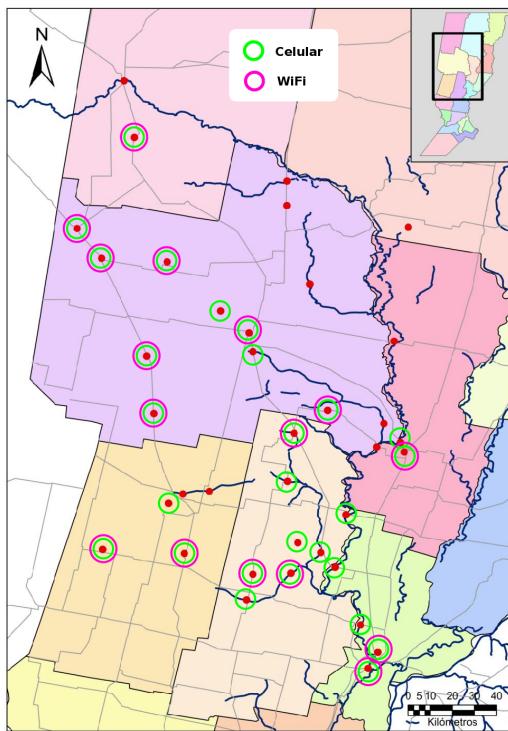


Figura 11. Tipo de conectividad de las estaciones del SAH

de vista de la visualización de los datos, el sistema web desarrollado permitió el acceso a las mediciones en forma individualizada a través de la base de datos facilitando así la tarea de análisis.

Para concluir, en función de los objetivos inicialmente plateados se puede destacar que el trabajo ha dado los resultados esperados, aun así existen varios aspectos mejorables que se proponen a continuación como tareas a futuro.

5. Trabajos Futuros

Como desarrollo a futuro para mejorar/ampliar este proyecto se proponen las siguientes acciones:

- Reemplazar la MiniPC por un dispositivo industrial, que debido a una mayor resistencia de sus componentes y un menor consumo, permitiría ampliar o eliminar las ventanas de tiempo de encendido.
- Integrar a la base de datos existente los parámetros de configuración tanto del software desarrollado que se ejecuta en la UTR como del software web, que en el presente trabajo se manipulan mediante un archivo de texto.

Referencias

1. Universidad de Iowa, "Iowa Flood Center." <http://iowafloodcenter.org>, (accedido: 01.09.2015).
2. Instituto Federal de Hidrología de Alemania, "Water levels." https://www.bafg.de/EN/06_Info_Service/01_WaterLevels/waterlevels_node.html, (accedido: 01.09.2015).
3. Instituto Nacional del Agua, "Alerta Hidrológico Cuenca del Plata." <https://www.ina.gov.ar/alerta/>, (accedido: 01.09.2015).
4. ORBCOMM, "Monitoring and Control Solutions." <https://www.orbcomm.com/>, (accedido: 10.09.2015).
5. Electro Componentes S.A., "Esquema de Funcionamiento - Orbcomm ." <http://www.electrocomponentes.com/articulos/mayo12/satelital.htm>, (accedido: 10.09.2015).
6. Guillermo Contini, Elizalde E., Ferreira G., Macor J., Veizaga E., "Ingeniería de software, teoría y práctica," *II Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras, Santa Fe*, Septiembre 2002.
7. FICH, "Centro de Informaciones Meteorológicas." <http://fich.unl.edu.ar/cim>, (accedido: 18.09.2015).
8. G. García, "Automatización de la transmisión de datos recolectados por un sistema de observación en campo de flujos de energía," tech. rep., Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Santa Fe. PFC de Ing. en Informática, 2013.
9. J. Hund, "Applied network coding in wireless networks," tech. rep., University of Spplied Sciences Heidelberg, Faculty of Informatics, Master's thesis, Febrero 2007.
10. Cygwin, "Collection of GNU and Open Source tools." <https://cygwin.com/>, (accedido: 22.10.2015).
11. OpenVPN, "VPN Solution." <https://openvpn.net/>, (accedido: 26.10.2015).
12. TeamViewer, "Soporte Remoto." <https://www.teamviewer.com/es>, (accedido: 29.10.2015).
13. I. Somerville, *Ingeniería de software*. Madrid; Pearson Educación, 2005.
14. G. van Rossum, *Python programming language*. 2007.
15. PyAutoGUI, "PyAutoGUI documentation." <http://pyautogui.readthedocs.io>, (accedido: 03.11.2015).
16. A. Tridgell, "Efficient algorithms for sorting and synchronization," tech. rep., Australian National University, Master's thesis, Febrero 1999.