

# Sistema de adquisición, procesamiento y visualización de la Red de Información Pluviométrica en Tiempo Real del INA-CRA

*Jorge Bonilla*

Instituto Nacional del Agua – Centro Regional Andino – Belgrano Oeste 210, Ciudad, Mendoza. Tel: +54 261 4288005

E-mail: jbonilla@ina.gob.ar

## RESUMEN

Dentro de los avances más importantes que ha tenido la Hidrología Superficial en los últimos años, aparece como estrella los sistemas de adquisición y transmisión de datos en tiempo real.

El Instituto Nacional del Agua, en su sede del Centro Regional Andino, posee una red de pluviómetros ubicados en el piedemonte de la Ciudad de Mendoza, que desde hace 30 años envían datos de precipitación en el instante que ocurren.

Hasta hace poco tiempo el sistema operaba bajo entorno QNX, un excelente sistema de recepción, que ha sido superado por la tecnología, produciendo dificultades serias y de difícil abordaje. Ejemplos son los repuestos de los equipos informáticos donde opera, sus limitaciones en el hardware admitido y su limitada capacidad de comunicación con equipos de última generación.

Aparece la necesidad de extender el ciclo de vida de la Red de Información Pluviométrica, necesaria e importante tecnología que ayuda a la toma de decisiones en los casos de tormentas severas.

Bajo este concepto se diseña un sistema de recepción, procesamiento, y visualización de los datos provistos por la red, con un diseño ampliamente superador. Esta propuesta incluye un seguro sistema de recepción en tiempo real que corre bajo entorno Windows, almacenamiento en base de datos de última generación, corrección inteligente de errores de recepción, visualización de precipitaciones sobre una imagen satelital en tiempo real e histórica, junto a dos servidores de datos dedicados que permite el acceso a todas las funciones del sistema desde cualquier nodo de la red interna.

Otras funciones incluyen el control de usuarios, el registro de fallos, el mantenimiento programado y administración de sensores.

Los últimos adelantos a nivel mundial en la materia, respecto al software, están encaminados en el mismo sentido que el adoptado para este proyecto, que alienta a proseguir las investigaciones en el tema.

## INTRODUCCIÓN

### *Objetivo*

El objeto de este trabajo es extender el ciclo de vida de la Red de Información Pluviométrica que posee el INA Centro Regional Andino, necesaria e importante tecnología que ayuda a la toma de decisiones en los casos de tormentas severas.

### *Antecedentes y Problemática*

En el año 1983, comienza la medición y registro sistemático de parámetros meteorológicos en el piedemonte del Gran Mendoza. El sistema está compuesto por una estación de medición y transmisión en el campo, una antena repetidora para la retransmisión de señales provenientes de estaciones distantes y el sistema de recepción y procesamiento de datos con base en el INA-CRA.

Este sistema ha tenido un funcionamiento satisfactorio en los primeros 25 años, con los lógicos problemas de todo sistema compuesto por partes mecánicas, electrónicas e informáticas. Los altibajos en la recepción han producido pérdidas de información en períodos generalmente cortos, que en algunos casos al ser coincidentes con la etapa de lluvias intensas o incluso en medio de eventos severos, han perdido información valiosa.

Los inconvenientes mencionados se deben fundamentalmente a un conjunto de situaciones, en general de difícil solución para la época en que fue instalado el sistema. Se puede mencionar por ejemplo la limitada capacidad de la base de datos original, la interrupción ocasional del servicio eléctrico o las fallas y/o errores de transmisión no detectados oportunamente.

La situación se hizo más compleja a partir del año 2010, cuando las PCs que recibían la información, comenzaron a tener fallas de hardware lógicas y esperables en equipos con un funcionamiento continuo por más de 15 años. Se entra en un círculo sin salida, donde no se pueden reparar los equipos porque están obsoletos y los repuestos no se consiguen en el mercado, y por otro lado tampoco es viable comprar nuevo hardware por no ser compatible con el software de recepción.

Una serie de eventos escalonados en un corto período de tiempo, convierte lo que era una preocupación en una urgencia por resolver. Primero uno de los equipos de recepción con sistema QNX deja de funcionar y se lo reemplaza por una PC con sistema Windows NT, la cual disponía de otro sistema de recepción básico del cual no se disponían los instaladores originales. Esta PC no tenía mouse, ni puerto PS/2 o USB para conectar uno nuevo. Tampoco se conseguía en el mercado local los mouse con puerto serie. Se recurre a la reparación de uno usado.

Segundo se pierde la posibilidad de extraer y hacer copia de seguridad en forma “sencilla” de los datos a través de un cable de conexión serie, por falla del puerto de transmisión en la única máquina con sistema

QNX. Esto obligaba a realizar una compleja y lenta operación para formatear un diskette 3-1/2 en formato DOS y poder hacer la copia de la información. Esto podía tardar más de una hora.

Tercero, la PC con Windows NT comienza a presentar fallos reiterados. Se “colgaba” en forma periódica, se reiniciaba sola o no completaba el proceso de arranque ante los problemas anteriores. Debido a la poca confiabilidad que esta ofrecía, es sacada de servicio y se queda con un único sistema de recepción.

Cuarto, la base de datos del sistema QNX produce una falla inesperada de difícil detección en 2010, dejando de registrar los datos recibidos. Este punto es el que detona la luz de alarma, activándose la PC con Windows NT nuevamente como único y poco fiable sistema de recepción. Esta situación ponía en riesgo la integridad total del sistema, con el riesgo de interrumpir un registro de casi 30 años de antigüedad, invaluable al momento de estudiar las precipitaciones en forma estadística.

Cabe destacar que la serie de sucesos que desencadenó la situación crítica descrita, no pasó desapercibido para el personal del INA-CRA, sino que se hicieron todos los esfuerzos posibles para evitar mayores inconvenientes, resultando imposible detener el deterioro que sufría el sistema.

Se decide afrontar el problema de frente, y con el apoyo del director del centro, se encara un ambicioso proyecto de diseño de un nuevo sistema de recepción de datos, acorde a las necesidades actuales y a la tecnología disponible.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Estaciones pluviométricas*

Las estaciones ubicadas en el piedemonte son del tipo pluviométricas, con un mecanismo de cangilones calibrados para registrar un cambio mínimo de 1 mm de precipitación. Además cuentan con una placa electrónica que realiza el conteo y acumulación de la lluvia registrada y genera una señal digital combinada con información del número de estación y el número de mm acumulados.

La misma instalación posee además una placa de transmisión por radiofrecuencia, con bandas propias, y una antena que puede ser del tipo direccional u omnidireccional. Se cuenta con una batería de 12V para alimentación de los circuitos y en algunos casos de un panel solar.

### *Antena repetidora*

Ubicada en el cerro Bueyes, se encarga de retransmitir la información de las estaciones más alejadas hacia el sur del Centro Regional Andino, y que por cuestiones de visibilidad o alcance no es posible recepcionar en forma directa.

### *Antena receptora*

Ubicada en el mismo edificio donde está instalado el sistema de recepción, recoge las señales provenientes de cada una de las estaciones y además la de la repetidora en una banda de frecuencia diferenciada.

### *Sistema de recepción*

Se reemplazó el sistema original compuesto por las PCs con sistema operativo QNX y Windows NT, por dos modernos servidores de datos que operan con Windows 7, dotados de gabinetes de amplia ventilación, componentes de alta calidad e incluso uno de ellos posee un sistema de doble disco rígido para garantizar la integridad de la información.

Sobre estos equipos de última generación, se desarrolla un moderno software de recepción, procesamiento y despliegue de datos, bajo entorno Windows que funciona desde el año 2011 a la actualidad sin interrupciones.

## TECNOLOGÍA DESARROLLADA

El desarrollo tecnológico se lo puede dividir en dos partes: por un lado el software programado en lenguaje C# y por otro las técnicas de tratamientos de datos.

La programación requirió de muchas horas de trabajo, que están sustentadas en una investigación profunda de los datos recibidos y la problemática de los mismos, para desarrollar las técnicas adecuadas de tratamiento.

## TÉCNICAS DE TRATAMIENTOS DE DATOS

### *Introducción*

Esta es la parte más importante del trabajo y consiste en un complejo mecanismo de lógica aplicada a la interpretación de los datos, de modo de poder sustentar decisiones adoptadas por el sistema en los casos de fallas.

Enumerar la cantidad y caracterización de todas las fallas posibles, cae fuera de la extensión permitida para este trabajo, y es posible que para poder recopilarlas de manera adecuada se necesite la edición de un libro. Por este motivo se apela al criterio y el sentido de la presentación del trabajo, describiendo los problemas habituales del sistema y la solución adoptada para cada uno de ellos.

## *Problemas habituales*

### 1. Errores de transmisión

Es común que la secuencia de datos, que debería ser creciente, incrementada en valores menores o iguales que 1 y además permanente en el tiempo, tengan alteraciones por problemas de transmisión.

Estos problemas pueden ser de superposición de llegada de señales, errores debidos a interferencias, problemas técnicos asociados a vientos o tormentas eléctricas o falta de suministro de energía en alguna de las partes.

Se desarrolló un algoritmo complejo que compara los datos por grupos, verificando su secuencia y periodicidad, el estado de la estación, etc. En base a los datos recopilados, los ordena y clasifica, detecta los posibles errores, verifica si hay soluciones únicas y genera acciones directas, sugeridas o informe de errores.

### 2. Errores de integridad

A través de un análisis estadístico, se determinó los límites posibles para las intensidades de precipitación en cortos períodos. Esto permitió dotar al algoritmo de la posibilidad de aislar estos eventos fuera de norma y corregirlos en forma automática, dejando aviso al usuario de esta situación.

### 3. Problemas asociados a la falta de datos

En el análisis de los registros históricos, surgen numerosas dudas acerca de la estabilidad del sistema. Cuando el sistema no registraba datos en un período comparable a la duración de una precipitación, no se puede determinar si el sistema estuvo fuera de servicio por un corte de luz (que por desgracia en general sucede durante los eventos climáticos intensos) o la lluvia paró y el sistema tuvo un error de transmisión.

Para enfrentar este problema se diseñó un sistema de registro de funcionamiento del sistema, que deja una marca cada 30 segundos y que permite saber si hubo una interrupción de la recepción. Se agrega como dato adicional las características del fallo, si es por voluntad del usuario o por corte inesperado.

## CAPACIDADES DEL SISTEMA

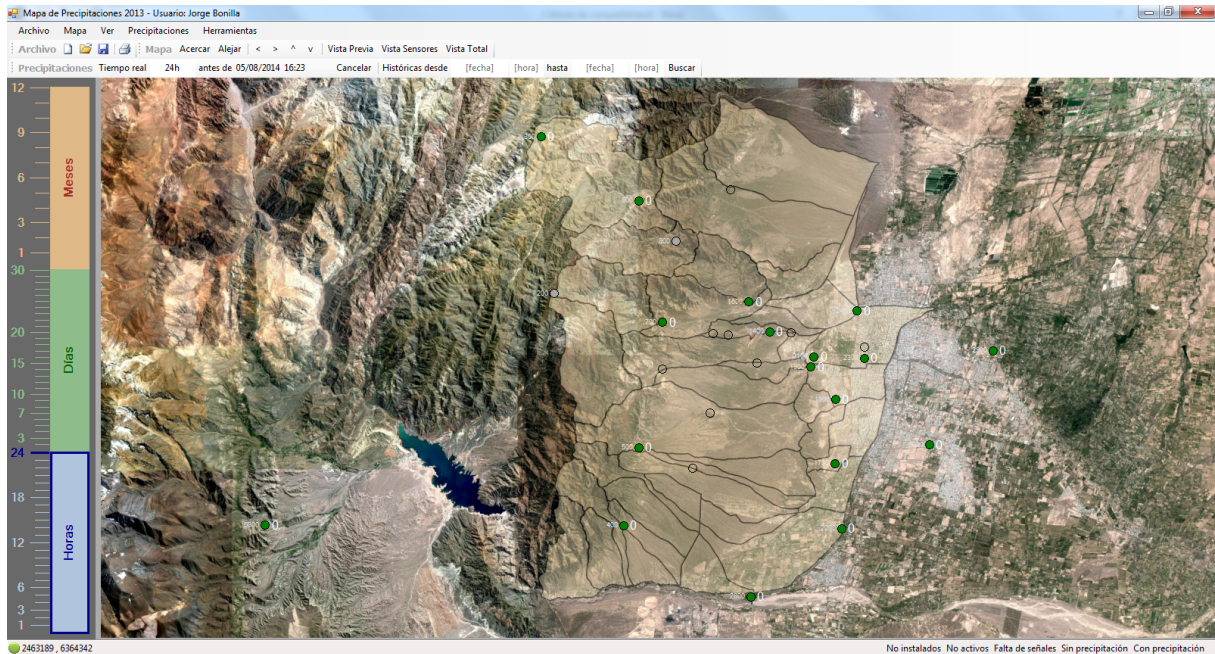
### *Funcionamiento en Tiempo Real*

Permite recibir el 100% del tiempo los datos provenientes de las estaciones, volcándolos a una base de datos SQLServer Express, de uso libre.

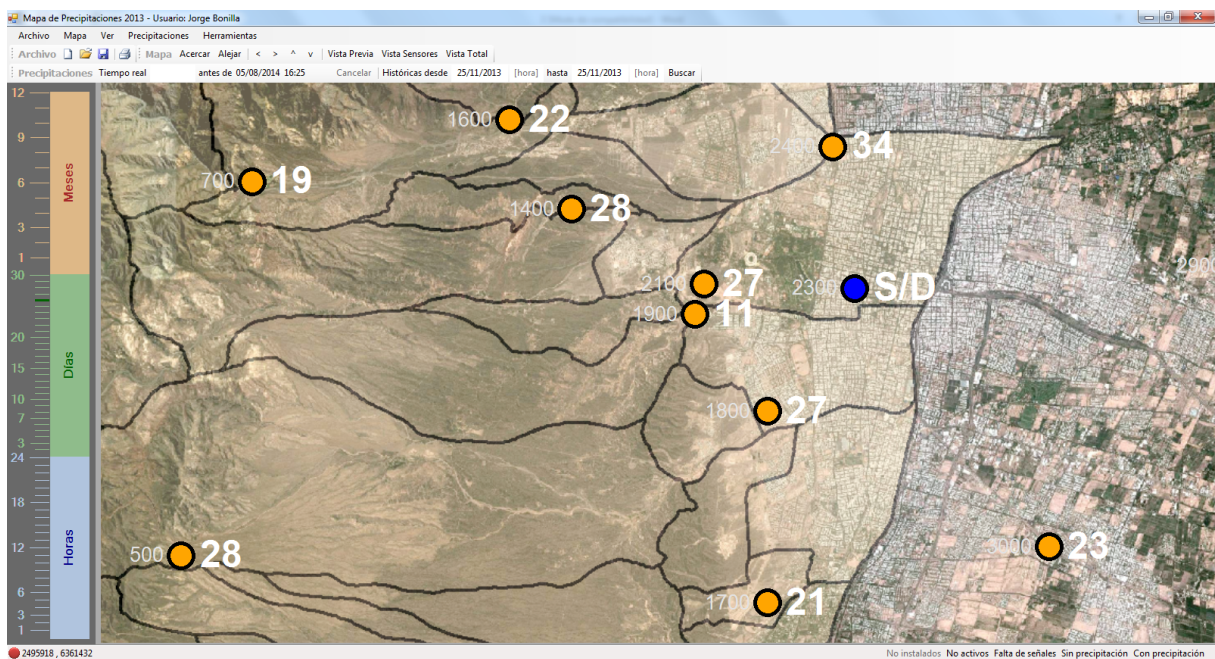
Permite visualizar las precipitaciones en tiempo real con una interface diseñada específicamente para la aplicación, en base a las necesidades del usuario (Figura 1).

En el mapa de precipitaciones se puede hacer desplazamientos y ampliaciones en forma dinámica para poder analizar lo que sucede en determinados sectores del área de cobertura (Figura 2)

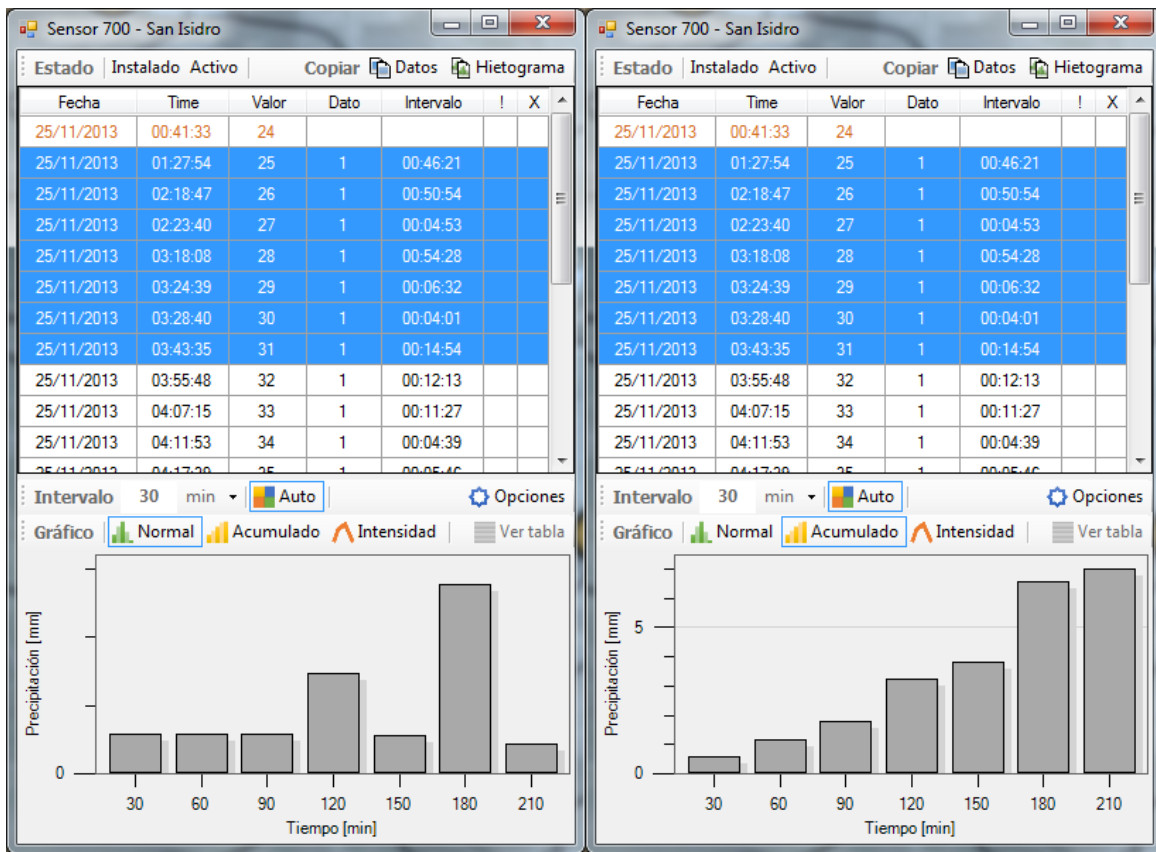
En cada estación se puede acceder al listado de datos del sensor y observar el hietograma, el gráfico de precipitación acumulada y la curva de intensidad de precipitación, para poder dar el alerta hidrológico en caso de ser necesario (Figura 3).



**Figura 1.-** Mapa de precipitaciones del sistema INA-CRA



**Figura 2.-** Visualización de una precipitación (25/11/2013)



**Figura 3.-** Hietograma y precipitación acumulada en un período de tiempo seleccionado.

### *Registro, corrección y publicación de datos*

Aparte del trabajo durante una precipitación como alerta hidrológico, el sistema permite registrar las precipitaciones para su posterior análisis.

Como el sistema registra en dos servidores diferentes, hay otro software desarrollado que permite combinar visualmente los datos, unificarlos y corregirlos con ayuda de las sugerencias de los sistemas de tratamientos de datos.

Estos datos corregidos, pasan a integrar una base de datos unificada, para consulta posterior. También se calculan los datos de precipitación diarios y se generan los archivos en el formato adecuado para ser subidos al Sistema Nacional de Información Hídrica.

### *Acceso a las bases de datos*

El sistema tiene la capacidad de interactuar con la red interna del centro, de modo que todas sus funcionalidades pueden ser accedidas desde cualquier terminal y en forma simultánea.

### *Seguridad*

El acceso se realiza por medio de usuarios registrados, con sistema de contraseña y llave digital.

***Agradecimientos.** Son muchas las personas que de un modo y otro ha contribuido al desarrollo de este trabajo, no de la manera habitual de programar o diseñar algoritmos, sino desde el punto de vista del apoyo hacia el mismo.*

*A Jorge Maza, por su confianza, a veces exagerada, de mi destreza para enfrentar el problema.*

*A Luis Fornero por sus consejos, su criterio invencible y su disposición para aclarar las dudas presentadas.*

*A Patricia López, por su voz crítica y su capacidad para detectar los posibles fallos del sistema.*

*A Adrián Vargas Aranibar, por su apoyo permanente y su esfuerzo en destacar mi trabajo ante los demás.*

*A Victor Burgos, por su disposición y capacidad para brindar apoyo en cada momento que se lo necesita.*

*A Javier Zarategui y Carlos Rodríguez, por el esfuerzo en mantener la red funcionando en forma permanente.*

*A Pedro Fernández, mentor de la red, por su generosidad y apoyo permanente hacia nuevos desafíos.*