Red Solidaria de Intercambio de Información Hídrica en el N.O de la Provincia de Buenos Aires.

Martinez Gonzalo, Ing. Cravero Walter

Instituto Nacional del Agua – Centro Regional Litoral

E-mail: martinezgonzalo@hotmail.com.ar

El presente proyecto describe los criterios y las metodologías aplicadas para la conformación actual de la Red Solidaria de Intercambio de Información Hídrica, en adelante RSIIH, en el N.O de la provincia de Buenos Aires. Forma de operación con aplicación de las nuevas tecnologías de información y comunicación (NTIC).

Se distinguen tres aristas como base: Primero se contemplan las definiciones, normativas y consideraciones técnicas, y apreciaciones generales que se emplean para la conformación e implementación de una Red Hidrometeorológica tipo, y segundo el análisis de antecedentes que se emplearon para la configuración e implementación de la primera RSIIH que se desarrolló en los partidos de Villegas y Florentino Ameghino de la provincia de Buenos Aires, durante año 2001 a 2006. Finalmente se desarrolla la metodología y los criterios que se utilizaron para el diseño y conformación de la red, con un desarrollo completamente nuevo de la página web (www.rsiih.com.ar), más eficaz que se adecua a los sistemas modernos y con una ampliación de la zona de operación que abarca los partidos de: General Villegas, Florentino Ameghino, General Pinto, Leandro N Alem, Lincoln, General Viamonte, Arenales, Junín y Rojas.

La RSIIH actual se puede concebir como una ágil y poderosa herramienta de información, fundamentalmente para el sector agrícola ganadero, promoviendo el intercambio de datos en el N.O de la provincia de Buenos Aires mediante el uso una página Web que es carácter público y de fácil acceso. Otra significativa importancia de los datos proveniente de la red, es el desarrollo de balances hídricos del sistema y en la aplicación de diferentes modelos matemáticos de simulación para la zona de aplicación.

La RSIIH se ha generado gracias a la asociación de buenas voluntades, de seres unidos que actúan sin fines de lucro, desarrollando funciones de observadores y operadores para diferentes episodios lluviosos.

APRECIACIONES GENERALES QUE SE EMP LEAN PARA LA CONFORMACIÓN IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED HIDROMETEOROLÓGICA

Los fenómenos hidrometeorológicos se estudian mediante el análisis de una serie de datos obtenidos en sitios o estaciones de medición que se encuentran distribuidas sobre un área o una región determinada. Este grupo de puntos de observación en conjunto con el instrumental, los protocolos de estándares de medición y el equipo técnico administrativo de operación conforman lo que se denomina: "Red Hidrometeorológica."

El diseño y optimización de una red plantea problemas que se deben abordar desde un punto de vista integral que interrelacione aspectos técnicos, físicos, socioeconómicos y culturales de manera que constituya un sistema organizado, dinámico y operable bajo condiciones específicas.

Consideraciones técnicas para el diseño e implementación de una red hidrometeorológica

En definitiva, el diseño y optimización de la red plantea una serie de condiciones que se deben abordar. Por un lado están las consideraciones de criterios técnicos, mientras que del otro están las consideraciones de carácter social.

En líneas generales:

- ¿Cuál es el objetivo meta de la red? ¿Cuál es la ubicación geográfica de instalación de las estaciones?
- ¿Qué variables se deben observar?
- ¿Qué tipo de mediciones serán necesarias en la red?
- ¿Qué tipo de estaciones se van a colocar (automáticas o no)?
- ¿Qué ventajas y desventajas ofrecen los tipos de estaciones a instalar y con qué precisión deben ser las observaciones (precisión requerida)?
- ¿Definición del área para la implementación de las estaciones?
- ¿Qué relevamiento de campo se realizará para la ubicación de estaciones en las áreas seleccionadas?
- ¿Distintos enlaces de operación de la red?
- ¿Cómo deberá ser la transmisión de la información?
- ¿Cómo será el programa de tratamiento de la información?
- ¿Qué tratamiento analítico debe realizarse a los datos obtenidos a través de la red? Por ejemplo mediante el diseño de un software apropiado.
- ¿Cuál es el riesgo de sustentabilidad de la red?

PRIMERA ETAPA DE LA RSIIH 2000-2006

La Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación(SRRH) junto con el Instituto Nacional del Agua- Centro Regional Litoral (INA-CRL) han elaborado propuestas para contar con información hídrica básica en el N.O

Bonaerense, debido a ello se han logrado acuerdos entre ambos organismos para disponer de una red de información hídrica en el N.O de BUENOS AIRES, con la finalidad de medir mejor la distribución espacial de las precipitaciones y estimar la dirección y la velocidad de la propagación de la onda de inundación posterior a tormentas severas. En el periodo mencionado la red funciono con instrumental pluviométrico, pluviográfico y piezométrico relevados por el grupo de investigación y se instalaron pluviómetros siguiendo protocolos y estándares de medición. Contó además con un equipo técnico administrativo y local de operación de datos , en donde se logró la participación de distintos diferentes actores voluntarios pertenecientes a la misma región de emplazamiento y operación.

NUEVA ETAPA DE LA RSIIH (CONVENIO S.M.N – I.N.A C.R.L)

Metas

Continuar y actualizar el desarrollo de la Red Solidaria de Intercambio de Información Hídrica en el N.O de la provincia de Buenos Aires, en adelante RSIIH(A), aplicando nuevas tecnologías de la información y la comunicación (NTIC) y extendiendo nuestro campo de acción hasta el partido de Rojas.

Para hacer ejecutiva las metas mencionadas en el párrafo anterior se acordó mediante un acta entre el S.M.N y el I.N.A los siguientes objetivos para un programa de plazo de dos años con los siguientes compromisos:

- "EL INTERCAMBIO DE INFORMACION HIDRICA" de datos pluviométricos, pluviográfico y de redes freatimétrica existentes en los partidos de Junín, General Arenales, Leandro N. Alem, Lincoln, General Pinto, Florentino Ameghino y General Villegas.

- De Propender a la concientización de la toma y transferencia de información de estaciones pluviométricas pluviográficas y piezométricas existente en el N.O provincia de Buenos Aires mediante la publicación en un sitio web.

- Continuar y ampliar el sitio web disponible en: www.rsiih.com.ar instaurado por el I.NA (CRL) en el año 2001.

- De conformar un soporte de información pluviométrica y piezométrica con la incorporación futura de datos para usuarios de Internet.

Importancias de las Precipitaciones convectivas para la zona de emplazamiento de la red

Haciendo una análisis de las publicaciones de precipitaciones convectivas en la pampa húmeda y según las conclusiones expresadas en el informe "Precipitaciones convectivas y estratiformes en la Pampa Húmeda: una aproximación a su separación y aspectos climatológicos de ambas", ver Sarochar y Ciappesoni (2006). Durante los meses invernales en la pampa húmeda los niveles de precipitación descienden marcadamente

predominando la de tipo estratiforme durante julio e igualándose ambas en junio. Promediando toda la región se observa que la convección produce aproximadamente un 75% de la precipitación y el restante 25% se debe a nubosidad estratiforme. También se evidencia una marcada onda anual en la precipitación convectiva, con máximos en verano (febrero) y mínimos en invierno (julio). Dicha onda no es tan visible en la precipitación estratiforme y su máximo se daría en abril, con un máximo secundario en octubre (aparente onda semi-anual). La marcha anual de precipitación mensual presenta sus máximos y mínimos en los mismos meses que la precipitación convectiva.

Debido a la presencia de lluvias convectivas, según lo mencionado en el párrafo anterior, y luego de realizar un relevamiento de la zona de emplazamiento se decidió que el diseño adecuado de la RSIIH(A) debe tener estaciones de medición de datos relativamente cercanas en el orden de los 20 a 40 km de distancias de separación entre ellas.

Información utilizada y actividades realizadas para la conformación de la nueva red

Se analizaron:

- Informes existentes de Redes Solidarias de Intercambio de Información hídrica (Informes de avances, informes final).
- Información online del INTA, del Servicio Meteorológico Nacional, Subsecretaria de Recursos hídricos y el Instituto Nacional del Agua. Obteniéndose:
  - Información Pluviométrica y Freatimétrica en el N.O de la Provincia de Buenos Aires.
  - Datos topográficos climáticos y demográficos (Informe INA – CRL 2014) de la zona de estudio.

Tareas de Gabinete

- Para el relevamiento de las nuevas estaciones se utilizó los planos antecedentes de la RSIIH (Ref.: Conformación de Redes Solidarias de Intercambio de Información Hidrometeorológica y Freatimétrica en el Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.)
- Como tarea previa, se analizó el sitio web existente www.rsiih.com.ar para estudiar su funcionamiento.
- El diseño y ampliación de una red plantea una serie de condiciones que se deben abordar desde un punto de vista integral como se mencionó con anterioridad.
- Se tomó contacto con los antiguos usuarios de la red, que poseían datos precedentes de información pluviométrica y freatimétrica a los cuales se los invito a participar en la nueva propuesta.
- Se diseñó e implemento un sitio web totalmente nuevo para la RSIIH(A).

Tareas de campo

- Reuniones y entrevistas en puntos claves como Junín, Gral. Villegas, Lincoln, Gral. Pinto. Sociedad Rural, Municipios, sedes locales del INTA.
- Talleres de difusión: lo primordial de la RSIIH(A) son las jornadas y talleres de difusión con los diferentes actores que participan de la misma. Estas actividades son muy productivas por tres grandes motivos:

  1. La posibilidad de interactuar directamente con las personas involucradas en la red, recopilar datos, opiniones e intereses. El "feedback" que se obtiene a partir de dichos talleres es muy positivo y permite mejorar la efectividad de la RSIIH(A)

  2. Se refuerza el compromiso con la RSIIH(A). El carácter solidario de la red, implica un deber de tomar datos y compartirlos, esto demanda tiempo a los usuarios por lo que muy significativo renovar periódicamente dicho compromiso para garantizar la efectividad de las red.

  3. Producto de años de experiencia desarrollando talleres de difusión en la zona, es que podemos aseverar que es la forma más eficiente de captar nuevos actores para la RSIHH(A). El contacto periódico con los diferentes actores permite resolver inquietudes y dar a conocer los beneficios futuros que brinda la conformación de una red.

  - Taller en la 67ma Expo de la Sociedad de Rural de Junín Agosto 2013
  - Taller (aula magna) Sociedad Rural de Junín Noviembre 2013
  - Taller en la 68ma Expo de la Sociedad de Rural de Junín Agosto 2014

ÁREA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA SEGUNDA ETAPA DE LA RSIIH(A)

Con las tareas de campo y gabinete realizadas, se pudo definir la nueva área de operación de la RSIIH(A) determinado en la figura 1, esta comprendió los partidos de Lincoln, General Villegas, Florentino Ameghino, General Pinto, Lincoln, General Viamonte, Junín, General Arenales, Leandro N. Alem y Rojas, representando una superficie aproximada de 26989 km^2.

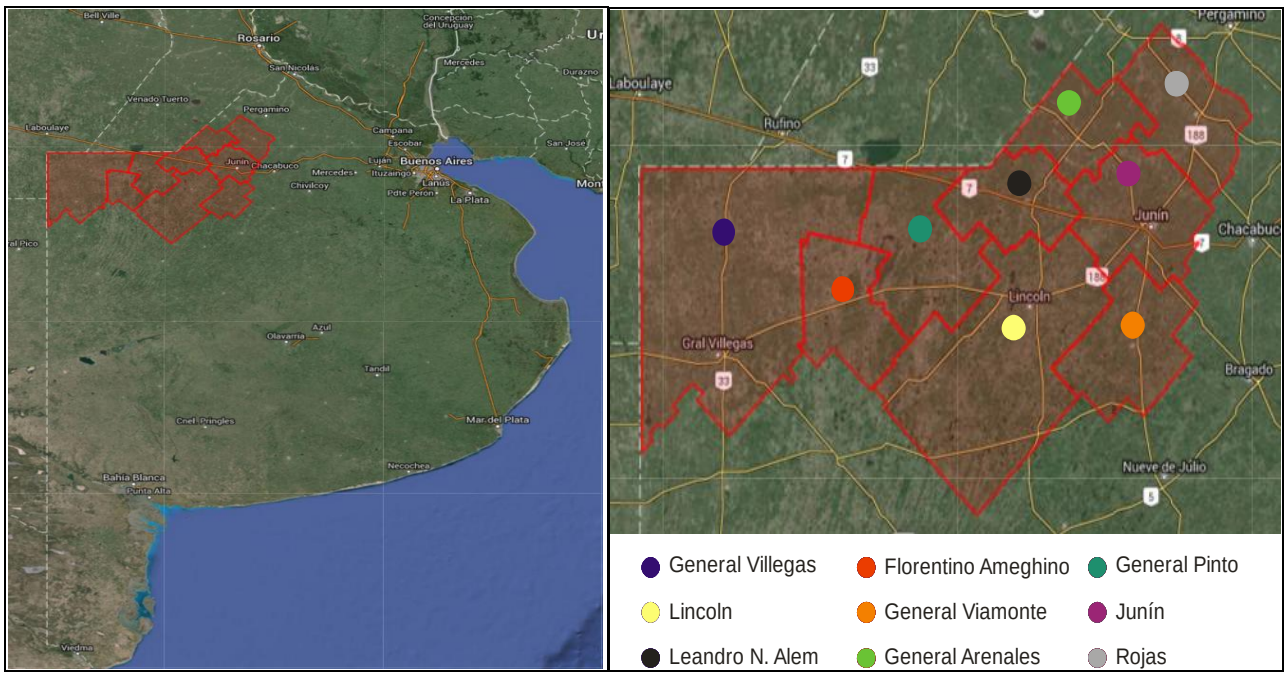


Figura 1.- Zona de implementación de la RSIIH(A) SMN – INA CRL

PAGINA WEB DE LA RSIIH(A)

Antecedentes del sitio web de la RSIIH

El uso del anterior sitio web requería que los datos de cada estación fueran enviados a la oficina en el INA-CRL por teléfono, mail, fax o impresos en una planilla. En el INA-CRL se los cargaba en una planilla Excel y se realizaba el tratamiento estadístico de cada estación. Este proceso funcionaba bien y estaba acorde a las tecnologías vigentes durante la primera etapa del proyecto.

Esquema operativo de la nueva red

El siguiente esquema de la figura 2, describe la manera en que los diferentes dispositivos interactúan con la red. Los usuarios de la red RSIIH(A) ingresan al sitio, para aportar solidariamente sus propios datos o visualizar los datos freatimétricos y pluviométricos de otras estaciones de la RSIIH(A), mediante cualquier tipo de dispositivo electrónico con acceso a internet.

Figura 2.-Esquema de funcionamiento de la red RSIIH(A)

Nuevo sitio web de la RSIIH(A)

Para la conformación de la red mencionada se diseñó e implemento un nuevo sitio web, reemplazando al general por el I.N.A (CRL) con un nuevo soporte de información y con la incorporación de nuevos usuarios. Se conservó la URL del sitio anterior **www.rsiih.com.ar**, debido a que los usuarios de la antigua red ya estaban familiarizados con dicha dirección web y forma parte de la identidad del proyecto.

El criterio adoptado fue que este sistema web debía permitir optimizar el proceso de carga de datos, georreferenciar las estaciones y generar el tratamiento estadístico de los datos online. Como parte de los requerimientos no funcionales del sistema o atributos de calidad del sistema web, se tuvo muy en cuenta la capacidad de escalabilidad (estar preparado para hacerse más grande sin perder calidad en los servicios ofrecidos) del sistema, para responder a un posible crecimiento de la zona de estudio, los usuarios y las estaciones sin perder la calidad del servicio de información brindado al usuario final.

Servicios que el sistema web brinda a los usuarios

Para desarrollar el sistema, se realizó una especificación de requisitos del software. Esta describe todos los comportamientos y servicios que el sistema debe brindar a los usuarios, para satisfacer sus demandas de información.

- Georreferenciar la zona de estudio. Identificar las estaciones pluviométricas y freatimétricos. Permitir agregar estaciones al plano de la zona de estudio.
- Crear, Modificar o eliminar usuarios y estaciones.
- Modificar la zona de estudio. Agregar localidades al plano.
- Visualizar los datos y realizar los gráficos online de las estaciones. Permitir seleccionar el rango de años a visualizar.
- Descargar instructivos de usos de las estaciones.
- Ingreso de usuario al sistema mediante un usuario y una contraseña.
- Realizar un formulario para cargar los datos.
- Incorporar la presencia de los organismos oficiales que sustentan el proyecto.

Requerimientos no Funcionales o atributos de calidad del sistema web

"La calidad del software hace referencia a cualidades u atributos que determinan su utilidad". (McCall - 1977).Las características del sitio web para la RSIIH(A) que fueron indispensables incorporar para garantizar la calidad del sistema fueron las siguientes:

- **Funcionalidad**: Para garantizar la exactitud de los resultados estadísticos, se utilizaron herramientas de programación específicas para tratamientos de datos numéricos.
- **Seguridad**: El sistema fue provisto de un módulo de "loggin", asignando a cada observador un usuario y contraseña para prevenir el acceso no autorizado ya sea accidental o deliberado, al sistema y/o los datos. También se registra el día y horario de ingreso de datos, lo que permitirá detectar inconsistencia en los datos.

- **Usabilidad**: La interfaz gráfica del sistema web, es clara e intuitiva lo que permite un rápido aprendizaje de uso. Además, a los formularios de carga de datos, se proveyó de la capacidad de detectar y reportar al usuario errores de ingreso, mejorando la operatividad del mismo.
- **Portabilidad**: El sistema web de la RSIIH, puede ser visualizado en cualquier navegador web e incluso en dispositivos móviles con sistema operativo Android.
- **Mantenibilidad**: El mantenimiento del sistema, es realizado por los técnicos del INA – CRL. El sistema fue planeado para permitir una escalabilidad de la zona de estudio, la cantidad usuarios y estaciones como así también la Interoperabilidad con otros sistemas mediante la definición concreta de las interfaces de conexión.

Metodología de implementación del sistema

Para el desarrollo del sitio web de la RSIIH(A), se optó por realizar el Front-end con el lenguaje de programación HTML, el Back-end con el lenguaje de programación PHP y la Base de datos con el lenguaje declarativo de acceso a bases de datos SQL. Estos son lenguajes típicos del diseño web, ampliamente probados con mucha documentación online, que resultaron muy efectivos.

La primer actividad del proceso de desarrollo de sistema fue se realizar el diagrama entidad relación "DER", de la base de datos para describir los tipos de datos y las relaciones entre ellos. Este diagrama es la base del sistema, ya que especifica la estructura del acceso a los datos y la consistencia de los mismos. Fue considerado para permitir al sistema evolucionar fácilmente, y de ser necesario en un futuro poder extender la zona de estudio al incorporar nuevas localidades, nuevas estaciones de medición de datos y diferentes tipos de pluviómetros de medición.

DESCRIPCION DE LA SECUENCIA DEL SITIO WEB DE LA RSIIH

Página de inicio de la web (www.rsiih.com.ar)

Acceso a la portada del sistema que se observa en la figura 3, cuando se ingresa a la web del sitio este muestra una descripción del proyecto, la zona de estudio y permite rápidamente seleccionar el servicio requerido. Se puede acceder a los datos pluviométricos, freatimétricos o a los formularios de carga de datos previo paso por el "loggin" del sistema.

El proceso para seleccionar una estación pluviométrica o freatimétrica de la zona de estudio y visualizar los datos, son similares. Se muestra a continuación un ejemplo para visualizar los datos de la estación pluviométrica del Aeropuerto de Junín y el formulario que permite a los usuarios de dicha estación cargar los datos en la página web.

Figura 3.- Portada del sitio web RSIIH(A) - www.rsiih.com.ar/index

Seleccionar una estación Pluviométrica/Freatimétrica

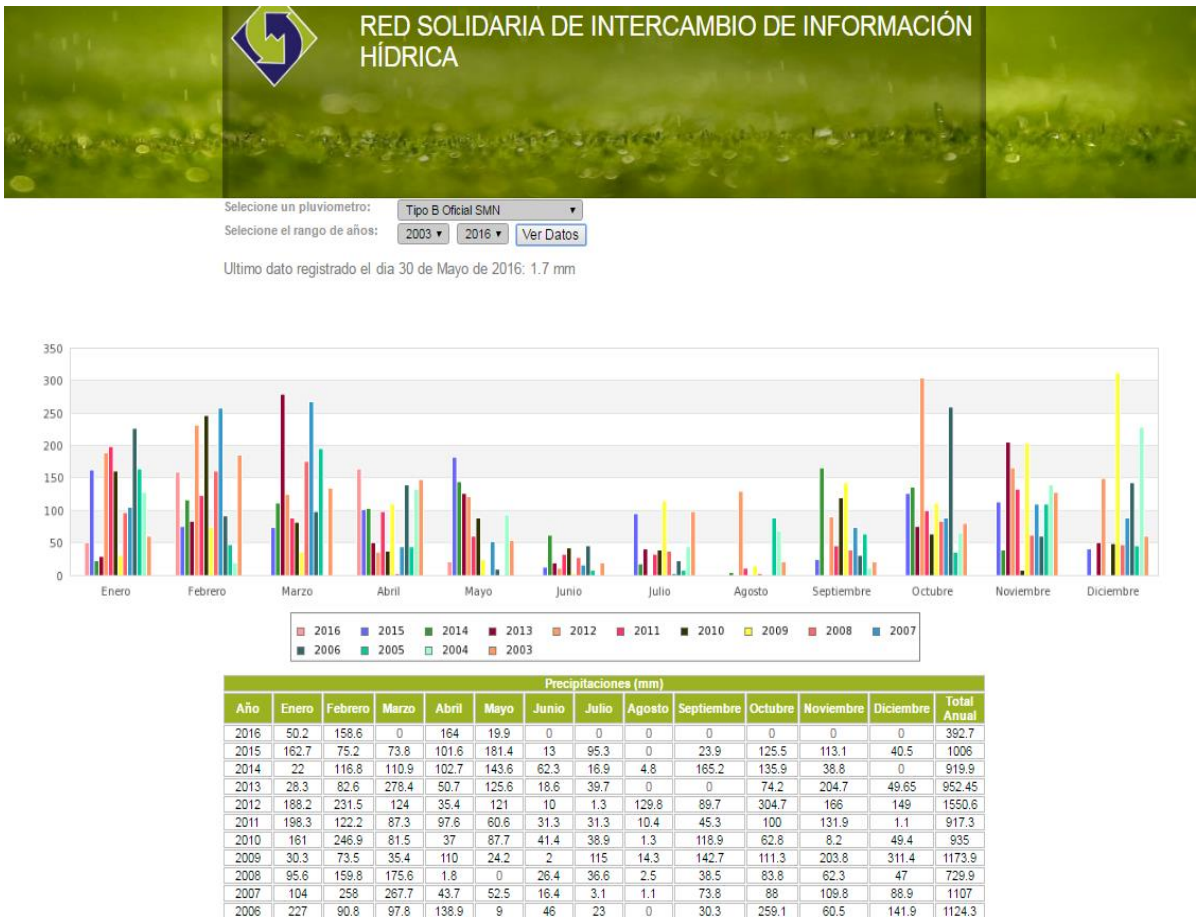
El primer paso para visualizar los datos de una estación, es seleccionar la estación de la figura 4, de la cual se quiere obtener la información en el mapa de la zona de estudio. Este mapa esta georreferenciado y para mejorar su visualización, se puede desplazar a cualquiera de los puntos cardinales y acercar o alejar el zoom, con las herramientas provistas que se encuentran a la izquierda del mapa. Como parte de las tareas de campo, se registró las coordenadas geográficas de cada estación. Para Georreferenciar las estaciones y las localidades dentro de la zona de estudio se utilizó el plugin Gmap3 este permite crear y administrar mapas de Google Maps con JQuery y es un software Open Source.

Figura 4.-Estaciones pluviométricas de la RSIIH(A)

Visualizar una estación Pluviométrica/Freatimétrica

Para visualizar los gráficos y los datos de las distintas estaciones, tanto pluviométricas o freatimétricos, previamente se debe haber seleccionado con un "clic" la estación requerida, ítem anterior.

La figura 5 nos muestra la interfaz gráfica provista por el sistema, que permite que seleccionar el tipo de aparato para el caso de la información pluviométrica y el rango de años a mostrar. Por defecto, se muestra la serie completa.



Precipitaciones (mm)

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total Anual
2016	50.2	158.6	0	164	19.9	0	0	0	0	0	0	0	392.7
2015	162.7	75.2	73.8	101.6	181.4	13	95.3	0	23.9	125.5	113.1	40.5	1006
2014	22	116.8	110.9	102.7	143.6	62.3	16.9	4.8	165.2	135.9	38.8	0	919.9
2013	28.3	82.6	278.4	50.7	125.6	18.6	39.7	0	0	74.2	204.7	49.65	952.45
2012	188.2	231.5	124	35.4	121	10	1.3	129.8	89.7	304.7	166	149	1550.6
2011	198.3	122.2	87.3	97.6	60.6	31.3	31.3	10.4	45.3	100	131.9	1.1	917.3
2010	161	246.9	81.5	37	87.7	41.4	38.9	1.3	118.9	62.8	8.2	49.4	935
2009	30.3	73.5	35.4	110	24.2	2	115	14.3	142.7	111.3	203.8	311.4	1173.9
2008	95.6	159.8	175.6	1.8	0	26.4	36.6	2.5	38.5	83.8	62.3	47	729.9
2007	104	258	267.7	43.7	52.5	16.4	3.1	1.1	73.8	88	109.8	88.9	1107
2006	227	90.8	97.8	138.9	9	46	23	0	30.3	259.1	60.5	141.9	1124.3

Figura 5.- Datos pluviométricos de una estación, hietograma y record

Ingreso de un usuario y carga de datos al sistema web

Seleccionada previamente la opción de "cargar datos" en la portada del sistema se accede al formulario de "loggin" del sitio web (Figura 6), en donde los usuarios previamente creados y cargados a la base de datos del sistema, ingresan con un usuario y contraseña provista por los administradores del sistema en el INA-CRL.

Figura 6.-"Loggin" de usuarios RSIIH(A)

La carga de datos, tanto pluviométrica como freatimétrica se realiza ingresando al formulario de "carga de datos sistema rsiih.com.ar" que nos muestra la figura 7. Previamente el usuario debe haberse identificado en el "loggin" del sistema. El formulario de carga es simple, fácil de usar y permite rápidamente ingresar todos los datos requeridos de una estación. El mismo fue provisto de una lógica de programación que impide el ingreso de datos repetidos o nulos.

Las opciones que la interfaz gráfica provee al usuario son:

- **Tipo de Medición**: Este campo permite seleccionar el tipo de medición a ingresar, esta puede ser pluviométrica o freatimétrica o ambas.
- **Aparato de Medición**: Previamente fue seleccionado un tipo de medición pluviométrica, este campo permite ingresar los diferentes tipos de pluviómetros que se mencionan en el informe técnico 2: "Investigación de diferentes clases de pluviómetros experimentales en el N.O de Buenos Aires".
- **Lectura**: En este campo se ingresa el día, mes y año el valor del dato. Los campos de velocidad del viento y dirección solo están disponibles cuando previamente se ha seleccionado el tipo de medición "pluviométrica". El campo mensaje permite que el usuario, que realiza la carga de datos deje un mensaje a los administradores del sitio para reportar alguna cuestión relevante.
- **Registrar**: Este botón permite enviar los datos a la base de datos del sistema.

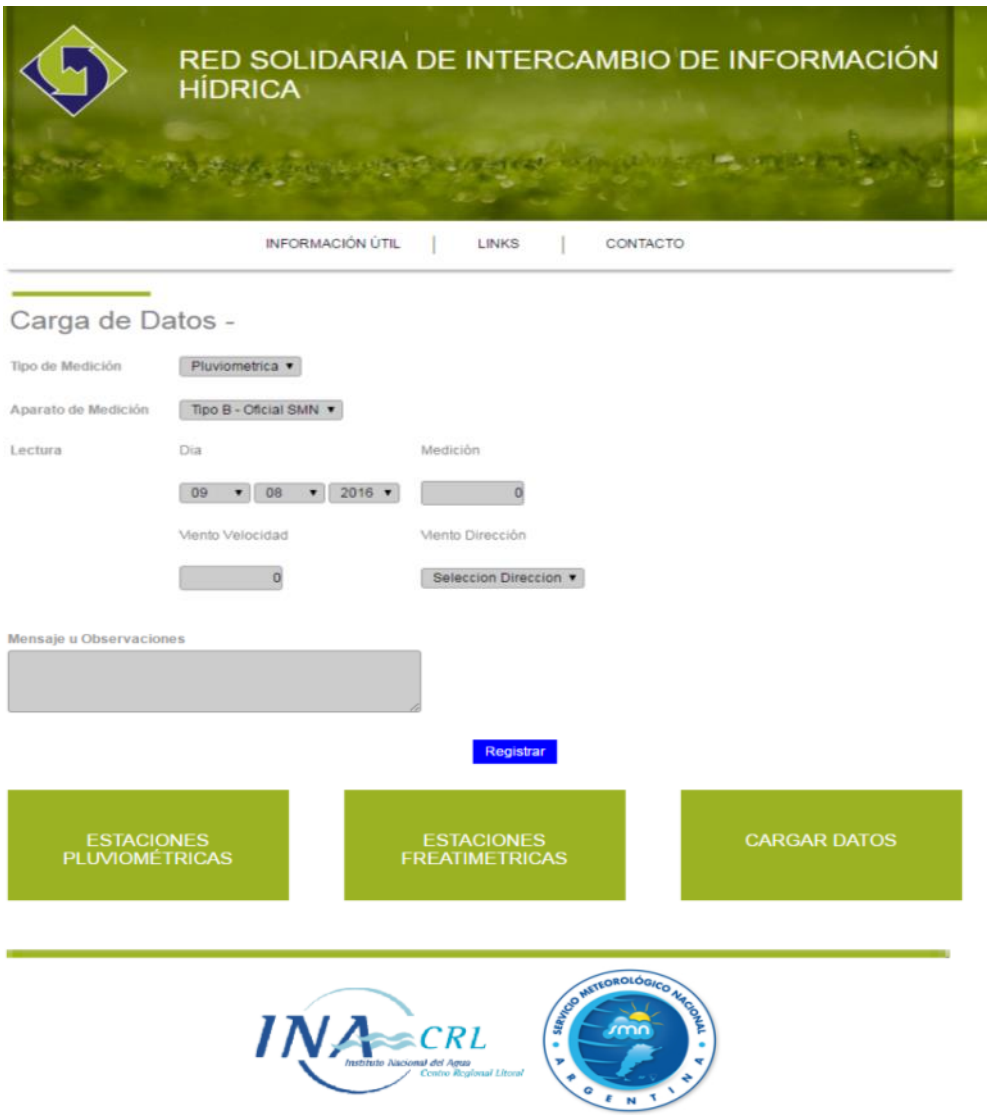


Figura 6.- "Ingreso de datos a la RSIIH(A)

CONCLUSIONES

La Red Solidaria de Intercambio de información hídrica actual se puede concebir como una ágil y poderosa herramienta de información, fundamentalmente para el sector agrícola ganadero, promoviendo el intercambio de datos en el N.O de la provincia de Buenos Aires.

Quedó constituida con el trazado de la RSIIHA(A) con las estacionas pluviométricas y freatimétricas que se observan en la página, con su respectiva ubicación en el dentro del área del proyecto siguiendo los criterios que se mencionaron a lo largo de este trabajo.

Es importante destacar que para el diseño y la implementación del nuevo sitio de la red, se logró mayor eficiencia para recibir, transferir y realizar el tratamiento de los datos.

Con este emprendimiento se creó un sitio de fácil acceso para usuarios y actores en general, de manera disponer de la información de carácter público. Para dicho fin, se puede ingresar con cualquier dispositivo electrónico con acceso a internet a la página web de la red rsiih.com.ar.

Otra significativa importancia de los datos proveniente de la red, es el desarrollo de balances hídricos del sistema y en la aplicación de diferentes modelos matemáticos de simulación para la zona del Noroeste de Buenos Aires.

Para que la red propuesta tenga el máximo impacto positivo en el área, debe continuar el contacto ya establecido con los diferentes actores que solidariamente participan en la operación de las estaciones y seguir activamente asistiéndolos de manera que no decaiga la motivación de sus prestaciones solidarias en la toma de datos. Cabe destacar que el apoyo de los distintos actores locales fue de gran significación para lograr el objetivo propuesto, colaborando en la realización de talleres y asistiendo al proyecto para la ubicación o descarte de estaciones trazadas en gabinete.

REFERENCIAS

Rubén H. Sarochar, Héctor H. Ciappesoni y Nora E. Ruiz., 2006. *Precipitaciones convectivas y estratiformes en la Pampa Húmeda: una aproximación a su separación y aspectos climatológicos de ambas.*

Canziani, O.F. (2005). *Hidrología, Recursos Hídricos y Cambio Climático*.

Vargas Martínez, N.O. "*Monitoreo de Aguas Subterráneas".* Subdirección de Hidrología– IDEAM. Versión 13 de julio de 2004.

Pressman Roger S. *Ingeniería de software: un enfoque práctico*. 7ma edición 2010. Editorial McGraw-Hill.

Ghezzi, C., Jazayeri, M., Mandrioli, D.,(1991). *Fundamentals of Software Engineering*. Editorial Prentice Hall.

Jim McCall, 1977. *Software Quality Attributes.*