

# **PRIMER CONGRESO IBEROAMERICANO DE PROTECCIÓN, GESTIÓN, EFICIENCIA, RECICLADO Y REÚSO DEL AGUA**

## **PRIMER SEMINARIO DE UNIVERSALIZACIÓN DEL ACCESO AL AGUA APTA PARA EL CONSUMO HUMANO**

### **EFICIENTIZACIÓN EN OBRAS DE CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN APLICADA EN LOCALIDADES PEQUEÑAS DE CÓRDOBA**

*Reyna, Santiago; Reyna, Teresa; Lábaque, María; Fulginiti, Fabián; Reyna Estela*

*CEAS S.A., Gómez Clara 1191. Barrio Rogelio Martínez, Argentina, santiagoreyna@gmail.com*

#### **RESUMEN:**

El diseño de sistemas de captación y conducción (y su mantenimiento) para localidades pequeñas debe ser acorde a las necesidades y capacidades de los municipios. Los sistemas con tecnologías acordes al lugar pueden ser operados en forma eficiente y su mantenimiento puede ser afrontado por el gobierno local. En este trabajo se describe el proyecto para la eficientización de los elementos del sistema de captación y conducción de agua potable para la Localidad de La Granja en la Provincia de Córdoba (Argentina). Como parte de este trabajo se relevaron los elementos que integran el sistema y se realizaron simulaciones (hidrológicos-hidráulicos) que permiten valorar su funcionamiento en el estado de conservación presente y bajo las condiciones actuales de operación. De esta forma se determinaron los puntos críticos tanto estructurales (capacidad) como no estructurales (operación y mantenimiento). Para optimizar el desempeño del sistema, se elaboró un proyecto de reestructuración mediante obras de pequeña envergadura (conducciones, galerías filtrantes, reservas y bombeos principalmente) que no solo disminuyen la vulnerabilidad del sistema sino que maximizan sus potencialidades (empleó de capacidad ociosa). Se prestó atención en el aprovechamiento de infraestructura existente la valoración del estado real de obsolescencia de cada elemento. Se realizó un relevamiento y análisis del sistema de recaudación y reinversión relacionándolo con la realidad observada. Esta metodología fue descripta y ordenada en su aplicación para posibilitar su implementación en distintas localidades que sufren este tipo de problemática.

#### **ABSTRACT:**

The design capture and conveyance systems (and maintenance) for small towns should be tailored to the needs and capacities of municipalities. Collection systems and technologies appropriate local driving to places where they are implemented have the advantage of being operated efficiently and that its maintenance can be addressed by local governments. This paper describes the project for eficientización of system elements capture and conveyance of drinking water for the City of La Granja in the Province of Córdoba (Argentina). As part of this work were surveyed the various elements of the system and simulation models were generated (hydrological-hydraulic) that allow us to evaluate its performance in the present condition and under actual operating conditions. In this way it was possible to determine the critical points both structural (capacity) and nonstructural (operation and maintenance). To optimize system performance, a draft restructuring by small works (pipes, infiltration galleries, and pumping reserves mostly) not only decrease the vulnerability of the system but to maximize their potential (idle capacity used). Care was leveraging existing infrastructure assessing the actual state of each element obsolescence. We conducted a survey and analysis of the collection system and reinvestment relating it to observed reality. This methodology was described and orderly in your application to allow implementation in different localities that suffer this kind of problem.

**PALABRAS CLAVES:** sistemas de operación, agua potable, localidades pequeñas

## INTRODUCCIÓN

La Granja es una localidad situada en el Departamento Colón, provincia de Córdoba, Argentina. Está situada a 53 km al norte de la capital cordobesa en la vertiente oriental de la Sierra Chica, surcada por el río La Granja.

Está conectada con la capital provincial mediante la ruta E53, y tiene una población de 4800 habitantes permanentes que en temporada turística esta cantidad puede duplicarse.

La tupida vegetación junto al paisaje que se enmarca en las estribaciones orientales de las Sierras Chicas, representa el mayor atractivo de esta localidad, pero también denota la presencia y continuidad del componente hídrico como fuente de sustento para la biota del lugar.

Su principal fuente de ingresos es el turismo, debido a la cercanía con las Sierras de Córdoba, es por ello que la ciudad cuenta con hoteles, campings y cabañas.

Hace poco menos de una década, La Granja contaba con agua en cantidad y sus vecinos y visitantes disfrutaban de su paisaje con piletas, acequias y un arroyo. En la actualidad son cada vez más frecuente las situaciones de emergencia hídrica de la zona y los vecinos reciben agua con camiones. En esos momentos, la red llega muy escasa y sin presión, y en la zona comienza a vislumbrarse un clima de conflicto por el recurso.

El problema se replica en casi todas las localidades de las Sierras Chicas. La situación se agrava en verano con la llegada de dueños de casas de veraneo y la ocupación de hoteles y cabañas.

Durante el año 2012, se realizaron estudios con el fin de elaborar un proyecto integral para la efficientización, rehabilitación y readecuación de los elementos de captación y conducción del sistema de agua potable en la Localidad de La Granja en búsqueda de una solución a la problemática planteada.

Se priorizaron la búsqueda de soluciones inmediatas, económicas, efectivas y sustentables en el tiempo respetando ciertas premisas:

- Reutilizar, rehabilitar y refuncionalizar la *infraestructura existente* valorando la capacidad de abastecimiento de cada fuente.
- Minimizar los *costos* de la nueva infraestructura propuesta tanto para la etapa de ejecución como de explotación.
- Limitar la *vulnerabilidad* de las fuentes de abastecimiento mediante su interconexión, mantenimiento y planificación.
- Utilizar tecnologías acordes al *nivel técnico-económico* de las localidades involucradas.
- Brindar soluciones consistentes con la *escala de explotación* presente sin limitar las posibilidades de ampliación futuras, pero bajo la premisa de dar soluciones inmediatas a los problemas.
- Garantizar las operaciones de *mantenimiento* y control sobre las fuentes.

Para la caracterización general de la zona de estudio se realizó una recopilación y revisión de información a partir de diversas fuentes. Esta revisión abarca principalmente:

- Información Climática (registros de temperatura, precipitaciones y velocidad del viento).
- Información de Suelos ("Soil Taxonomy" -SSS- USDA, 1975)
- Cobertura del Suelo (SIG - [www.ign.gob.ar](http://www.ign.gob.ar))
- Consideraciones Hidrográficas (características hidrográficas de los cauces, caudales, niveles freáticos, niveles en los cuerpos de agua)
- Balance Hidrológico
- Consideraciones Geológicas

## METODOLOGÍA

La metodología seguida fue la siguiente:

- Análisis de las actuales y potenciales fuentes de aprovisionamiento, con valoración de los caudales de aporte.

- Análisis de la infraestructura existente.
- Simulación hidrológica de la cuenca de aporte.
- Valoración de las condiciones hidrogeológicas.
- Propuestas de solución.
- Simulación hidráulica del sistema.

## VALORACIÓN DE LAS FUENTES DE APROVISIONAMIENTO A LA LOCALIDAD

Dada la ubicación de esta localidad sobre el faldeo de las sierras, no existe aguas arriba de la propia cuenca superficial, un sistema de regulación que abastezca de forma regional a las localidades de las Sierras Chicas. Cada localidad, paraje, urbanización o vivienda aislada se nutre de los cauces, muchos de ellos estacionales, y del recurso almacenado de forma natural en el subsuelo.

La cuantificación de las fuentes disponibles requiere la identificación y valoración de los elementos del ciclo hidrológico así como su interrelación en la zona de análisis. A partir de un estudio preliminar de la zona se deduce la existencia de una importante cuenca superficial externa (en términos de las necesidades actuales) cuyos excedentes son conducidos principalmente por los ríos La Granja y Agua de Oro. Las actuales perforaciones en la zona permiten inferir la existencia de una unidad acuífera activa cuyos límites y rendimiento fueron definidos a partir de la información existente.

Con el objeto de cuantificar de forma adecuada la disponibilidad hídrica con que cuenta la localidad se realizó un relevamiento expeditivo de la infraestructura existente, el cual fue complementado con información técnica suministrada por el personal encargado del servicio en la localidad. Se identificaron en la zona tres subsistemas (Figura 1) interrelacionados que se describen a continuación.

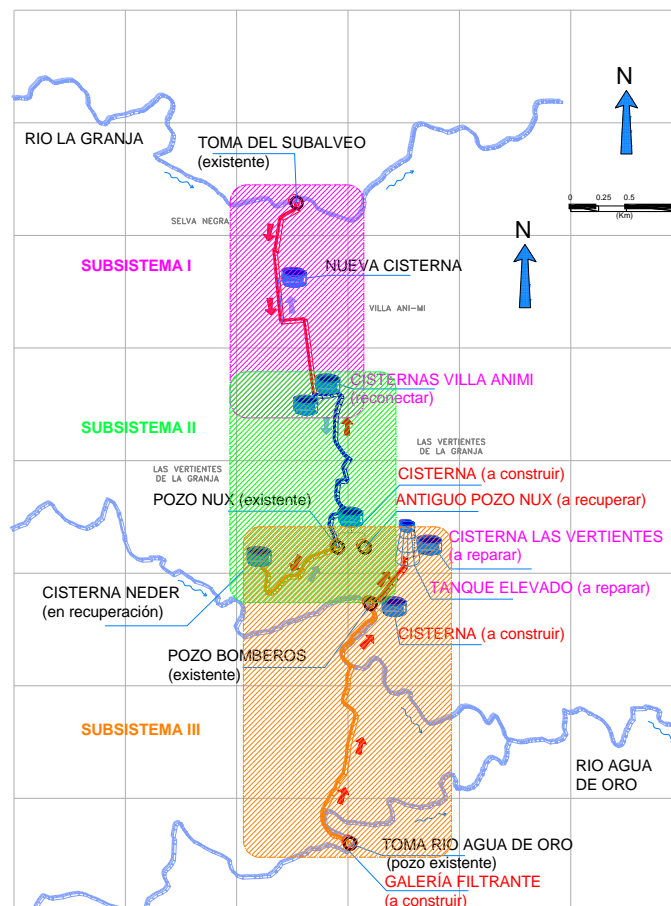


Figura 1.- Fuentes de abastecimiento – Subsistemas analizados (Fuente: Elaboración propia)

## SUBSISTEMA I

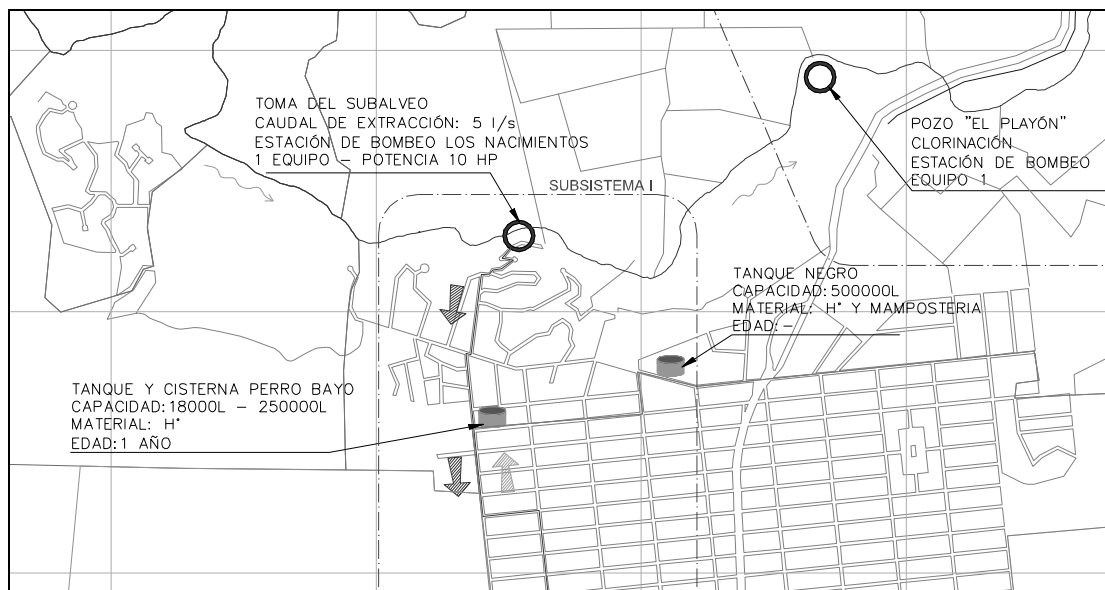
El primer subsistema analizado se compone de una toma desde el subálveo del río La Granja con un caudal de extracción de 5 l/s, luego se bombea hasta alcanzar la cisterna Perro Bayo en Villa Ani Mi de un año de antigüedad y con una capacidad de 250.000 litros.

Tanto la obra de toma como la conducción hasta las cisternas se muestran en buen estado de funcionamiento.

Un antiguo tanque denominado “tanque negro” se encuentra en desuso (**Figura 2**). La alimentación del mismo se realiza desde el pozo denominado “El Playón”. Sus dimensiones aproximadas son: diámetro 10m y altura total 7 m. Su capacidad según personal municipal alcanza los 500000 litros, lo que es compatible con las dimensiones observadas.

Se propuso su reincorporación al sistema como medio de almacenamiento que permita minimizar los periodos de déficit hídrico; para esto fueron necesarias las siguientes recomendaciones:

- Reacondicionar y limpiar sus paredes del moho y la vegetación que se observa adherida superficialmente.
- Remover el hormigón suelto y deteriorado en la losa de fondo.
- Materializar una nueva losa sobre la actual losa de fondo.
- Impermeabilizar la superficie interior mediante pintura fibrada aprobada para tal fin.



**Figura 2.-** Esquema de ubicación del Tanque Negro en el contexto del Subsistema I

Seguidamente se determinó la capacidad hidráulica de los elementos existentes generando un modelo de simulación que permitirá la valoración de distintos escenarios.

## Modelación Hidráulica

El Tramo de impulsión que conecta la obra de toma con cada cisterna se desarrolla principalmente siguiendo la traza vial. Se generó un modelo hidráulico que permitió cuantificar los requerimientos del sistema para la correcta selección del tipo de bomba a ubicarse en el punto de toma.

Se generó un MDE de apoyo (modelo digital de elevación) para la determinación de la altimetría necesaria en la confección del modelo hidráulico en EPANET (EPA, 2008). Este modelo permitió evaluar el funcionamiento del sistema bajo la condición de operación de mayor demanda.

Entre las principales premisas a atender se considera de importancia remarcar que:

1 – No fueron contemplados en esta modelación ninguna extracción, derivación ni consumo a lo largo de la línea conservándose el caudal de diseño hasta los nodos finales del recorrido.

2 – Como valor de presión en la descarga al fijar las condiciones de contorno del sistema, para optimizar la relación energía – caudal bombeado se optó porque exista una mínima presión remanente (aproximadamente 3mca)

3 – El conducto modelado es de diámetro 110 mm en PVC y su clase deberá soportar las sobrepresiones que puedan ocasionarse por los trasientes en la operación del mismo.

En el cálculo y diseño del conducto filtrante en la obra de toma se utilizó la expresión de Schneebeli.

## **Tareas y Obras a ejecutar sobre el Subsistema I**

Entre las nuevas obras que fortalecen este sistema se encuentran dos **cisternas** que podrán ser utilizadas en los períodos de escasez para regular la disponibilidad del recurso. Una se encuentra en la porción intermedia de la conducción. La misma deberá vincularse al sistema de distribución lo que posibilitará su utilización en el momento que sea necesario.

La segunda cisterna se localiza junto a la antigua cisterna de Villa Ani Mi. La misma se encuentra a mayor cota que la precedente por lo que el caudal bombeado desde la toma deberá ingresar en primer lugar a ésta. Luego, por medio de un conducto de desborde controlado mediante una **válvula flotante** en la cisterna a menor cota se asegurará la óptima utilización de ambos reservorios.

Por medio de dos bajadas independientes se conducirá el caudal al sistema de distribución.

La **rehabilitación** del “Tanque Negro” según las especificaciones ya mencionadas permitirá dotar este tramo del sistema de mayor autonomía.

## **SUBSISTEMA II**

El sector comprendido entre los tanques de Villa Ani Mi y el barrio denominado Vertientes de La Granja se abastece en la actualidad desde una perforación. Desde esta perforación denominada pozo “Nux” se bombea hasta los tanques de Villa Ani Mi (al norte) y hasta una antigua cisterna en reparación sobre la ladera sur de la sierra que separa Vertientes de La Granja del río Agua de Oro.

Dado el buen desempeño del subsistema I previamente planteado (toma desde el río La Granja), se propuso que el sentido de conducción desde las cisternas en Villa Ani Mi pueda revertirse para alimentar el actual pozo “Nux”, donde deberá construirse una cisterna de almacenamiento y bombeo.

En primera instancia se verificó si el desnivel entre las cisternas (Villa Ani Mi) y el pozo Nux permite conducir a gravedad el caudal necesario con la conducción existente. Seguidamente se modeló la conducción hasta la cisterna en recuperación para la correcta selección del equipo de bombeo. Para el análisis de la red se empleó como en el caso anterior, el modelo EPANET.

Seguidamente se realizó una modelación hidrológica para valorar la potencialidad del actual sitio de toma (“Nux”). A continuación se exponen las principales consideraciones adoptadas en cada uno de los ítems que componen el presente análisis.

## **Modelación Hidráulica**

Este modelo contempla dos tramos:

### **1. Tramo Tanques Villa Ani Mi – Pozo Nux – Conducción a gravedad**

Para las características de esta conducción (existente) se determinó el máximo caudal que se logra con el desnivel existente, considerando las pérdidas friccionales y localizadas en el tramo.

La velocidad en la cañería bajo régimen permanente y bajo los supuestos considerados es de 1.38m/s, lo que equivale a un caudal de 4.37 l/s (15.7m<sup>3</sup>/h).

En esta instancia se determinó la capacidad de la cisterna que deberá construirse en este punto para permitir almacenar y rebombar hacia la cisterna en recuperación en Vertientes de La Granja (Tanque Neder) optimizando el funcionamiento del sistema de bombeo, minimizando las paradas y arranques del equipo, sin que se exceda la razonabilidad de la obra.

Se realizó una visita al lugar con el fin de valorar el estado de conservación de los distintos elementos del sistema y determinar las medidas de acción necesarias.

Complementariamente se recuperará y vinculará al sistema, un antiguo pozo cercano al pozo Nux, junto a una nueva galería filtrante, incrementando de esta forma el caudal de extracción en dicha locación.

## 2. Tramo Pozo Nux – Cisterna en recuperación (Neder) – Conducción por bombeo

Para este tramo (existente) se determinó el máximo caudal que se podría bombear mediante el mismo, considerando el limitante en la carga que impone la clase del conducto existente.

La velocidad en la cañería bajo régimen permanente y bajo los supuestos considerados es de 1.48m/s, lo que equivale a un caudal de 3.00 l/s (10.8m<sup>3</sup>/h).

El valor de los parámetros determinados para la selección del equipo de bombeo son: Q: 11 m<sup>3</sup>/h - H: 115 mca., equivalente a un equipo de bombeo de 6.5 HP.

En la cisterna en recuperación es necesario materializar las conexiones y programar los elementos de operación y control garantizando la recirculación del fluido en la misma evitando la formación de zonas muertas.

## Modelación Hidrológica - Semicontinua

Con el objeto de valorar y optimizar la disponibilidad del recurso al punto de toma, se generó un balance de los ingresos y egresos al punto de toma, considerando las condiciones hidrometeorológicas en un período lo suficientemente extenso para permitir extraer conclusiones extrapolables a distintos escenarios.

Con este fin se realizó una modelación semicontinua que permitió identificar los períodos de déficit hídrico y así determinar la disponibilidad real del recurso.

Para la realización del modelo semicontinuo de transformación lluvia-caudal se empleó el software HEC-HMS (2010) del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, de amplia difusión y reconocida aceptación. La utilización del módulo de pérdidas SMA (Soil Moisture Accounting) permite representar la respuesta de la cuenca en sus distintos estratos ante la ocurrencia de eventos alternados en el tiempo. Este modelo simplificado permite simular la evolución de la humedad en el suelo a lo largo de extensos períodos en la cuenca.

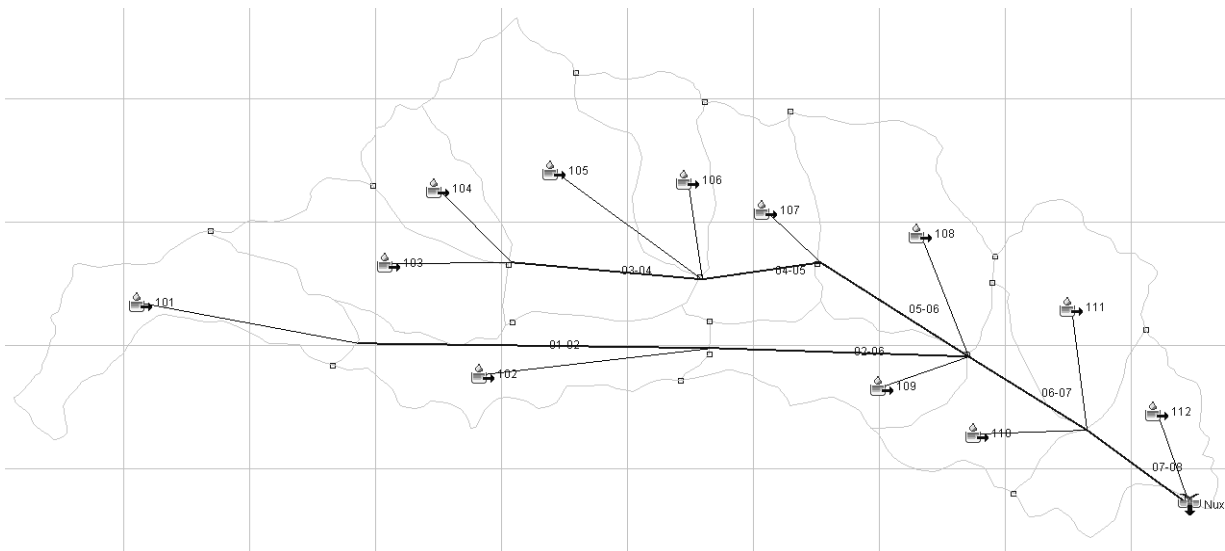
El modelo conceptual del sistema (**Figura 3**) fue simulado ante la ocurrencia de una serie de eventos registrados en una estación meteorológica próxima a la zona (precipitaciones medias diarias en Estación El Manzano).

La evapotranspiración fue evaluada mediante el método de Thornthwaite (1948) a partir de los datos de temperatura media mensual obtenidos del SMN (Servicio Meteorológico Nacional).

Mediante simulaciones previas los parámetros del modelo de pérdidas (SMA) se ajustan hasta lograr una respuesta hidrológica consistente con el régimen del río. Para verificar estos resultados se realizó un análisis de semejanza con series de caudales registrados en cuencas homólogas obteniéndose caudales específicos consistentes.

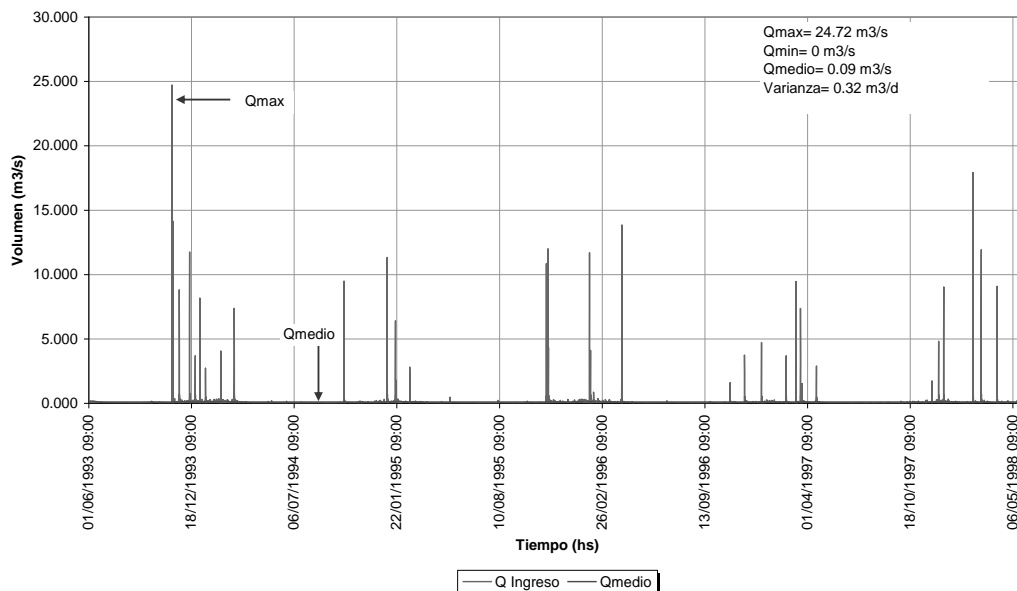
La **Figura 4** presenta el Hidrograma resultante al punto de toma y sus valores característicos.

El régimen que presenta el cauce modelado es típico de los ríos serranos, con importantes avenidas de crecientes cuyo caudal supera ampliamente el módulo y en periodos de estiaje puede incluso secarse. Sin embargo la regulación del mismo ocurre de forma natural por medio del almacenamiento de los excedentes en el subsuelo.



**Figura 3.-** Modelo Conceptual Cuencas externas al punto de toma (Fuente: Elaboración propia)

**Modelación Semicontinua - Hidrograma al punto de toma - Pozo Nux**



**Figura 4.-** Hidrograma al punto de toma y valores característicos (Fuente: Elaboración propia)

## Tareas y Obras a ejecutar sobre el Subsistema II

Entre las obras que permitirán reforzar el Subsistema II (desde los tanques en Villa Ani Mi a la cisterna en Neder pasando por Nux) se encuentran las siguientes:

- Ejecución de una **cisterna** en Nux que sirva para almacenar y rebompear el caudal que actualmente es conducido por gravedad desde las cisternas en Villa Ani Mi. Su capacidad será de 15000 l lo que garantiza un funcionamiento adecuado de la bomba centrífuga a instalarse.
- Se readecuará la sala técnica existente del actual pozo en Nux.
- El **antiguo pozo** en Nux será recuperado para lo cual deberán limpiarse sus paredes del moho y la vegetación que se observa en su tramo superior. En la boca del pozo se reconstruirá el borde deteriorado y se realizará una losa con su respectiva tapa y ventilaciones para evitar el ingreso de animales y residuos preservando la calidad del agua en el mismo.
- Este último pozo poseerá una bomba sumergible de 1 HP conectada a la nueva cisterna.
- Se incrementará el caudal captado por este último pozo mediante una nueva **galería filtrante** emplazada en dirección perpendicular al cauce.

- Pozos y cisternas se encontrarán **interconectados** de tal forma que el sistema posea la máxima versatilidad posible y permita su adecuación a la necesidad o contingencia que se suscite.
- La cañería de acero galvanizado de 2.5" de diámetro que actualmente conduce a gravedad el caudal desde las cisternas en Villa Ani Mi y que permite el bombeo en la dirección inversa sirve para alimentar durante su recorrido a los sectores vecinos. Se recomienda en un futuro la ejecución de una **cañería en paralelo** con las mismas características hidráulicas que la existente cuya finalidad sea la de abastecer de forma exclusiva la cisterna en Nux.
- Se sugiere reconectar parte del sistema abastecido actualmente desde el subsistema III, con la conducción del subsistema II, en particular la zona que abastece el Lavadero sobre la ruta.

### SUBSISTEMA III

El tercer subsistema se compone de un pozo a la vera del río Agua de Oro cuyo régimen representa una importante fuente de abastecimiento aún en periodos de sequía.

Desde este pozo se bombea hasta un pozo en el predio perteneciente a la dotación de los Bomberos Voluntarios de la localidad. Desde este último punto se bombea a un tanque elevado y a una cisterna desde los que se distribuye el caudal al sector sureste de la localidad.

Como parte del análisis, se simuló el funcionamiento hidráulico de la conducción desde el pozo en agua de Oro hasta el de Bomberos y desde este último hasta el tanque elevado. Para el análisis se empleó como se hizo anteriormente, el modelo EPANET.

#### Modelación Hidráulica

Para este tramo (existente) se determinó el máximo caudal que se podría bombear mediante el mismo, considerando el limitante en la carga que impone la clase del conducto existente.

La velocidad en la cañería bajo régimen permanente y bajo los supuestos considerados es de 1.52m/s, lo que equivale a un caudal de 3.00 l/s (10.8m<sup>3</sup>/h)

El valor de los parámetros determinados para la selección del equipo de bombeo en el pozo de toma junto al río Agua de Oro son: Q: 11 m<sup>3</sup>/h - H: 140 mca., equivalente a un equipo de bombeo de 8 HP.

Se propone utilizar las bombas existentes, colocando la de mayor potencia en la cisterna y la de menor potencia conservarlas en el pozo para su bombeo hacia la cisterna y eventualmente a sectores próximos al predio. Deberá constatarse que la potencia de los equipos existentes sea como mínimo la que fue determinada para garantizar dicho caudal de abastecimiento.

#### Tareas y Obras a ejecutar sobre el Subsistema III

Entre las obras necesarias en el Subsistema III (desde el pozo de toma en el río Agua de Oro hasta la cisterna y el tanque elevado en Vertientes de La Granja pasando por el pozo en bomberos) se proponen las siguientes:

- Incrementar el caudal captado por el pozo próximo al río Agua de Oro mediante una **galería filtrante**.
- El pozo (en el río Agua de Oro) deberá ser cercado en todo su perímetro a la vez que se ejecutará una losa superior en la boca del pozo su respectiva tapa y ventilaciones para evitar el ingreso de animales y residuos preservando la calidad del agua en el mismo.
- Deberá **enterrarse el conducto** de PEAD de 50mm de diámetro que une el pozo de captación con el que se encuentra en el predio de bomberos.
- Se ejecutará una **cisterna** en Bomberos que sirva para almacenar y rebompear el caudal proveniente desde el pozo en las márgenes del río Agua de Oro. La misma poseerá una capacidad de 15000 l con lo que se garantizará un funcionamiento adecuado de la bomba sumergible (la de mayor potencia) que actualmente se encuentra en el pozo existente.



- Sobre el pozo en bomberos se realizarán tareas de **reacondicionamiento**, limpieza de sus paredes del moho y la vegetación que se observa superficialmente. En la boca del pozo se reconstruirán los sectores deteriorados y se proveerá de un adecuado sistema de cierre de la actual tapa metálica. Se evitará de esta forma el ingreso de animales y residuos preservando la calidad del agua en el mismo.
- Se incrementará el caudal captado por el pozo mediante una nueva **galería filtrante** emplazada en dirección perpendicular al cauce frente al pozo.
- El pozo y la cisterna se encontrarán **interconectados** de tal forma que el sistema posea la máxima versatilidad posible y permita su adecuación a la necesidad o contingencia que se suscite. En todos los tramos a ejecutarse se realizará la respectiva prueba hidráulica que garantice la estanqueidad de los mismos.
- Tanto el tanque elevado como la cisterna que reciben el caudal por bombeo desde el pozo en bomberos poseen filtraciones y humedades que deberán ser subsanadas para evitar un mayor deterioro en estos elementos.

## SUBSISTEMA NORTE

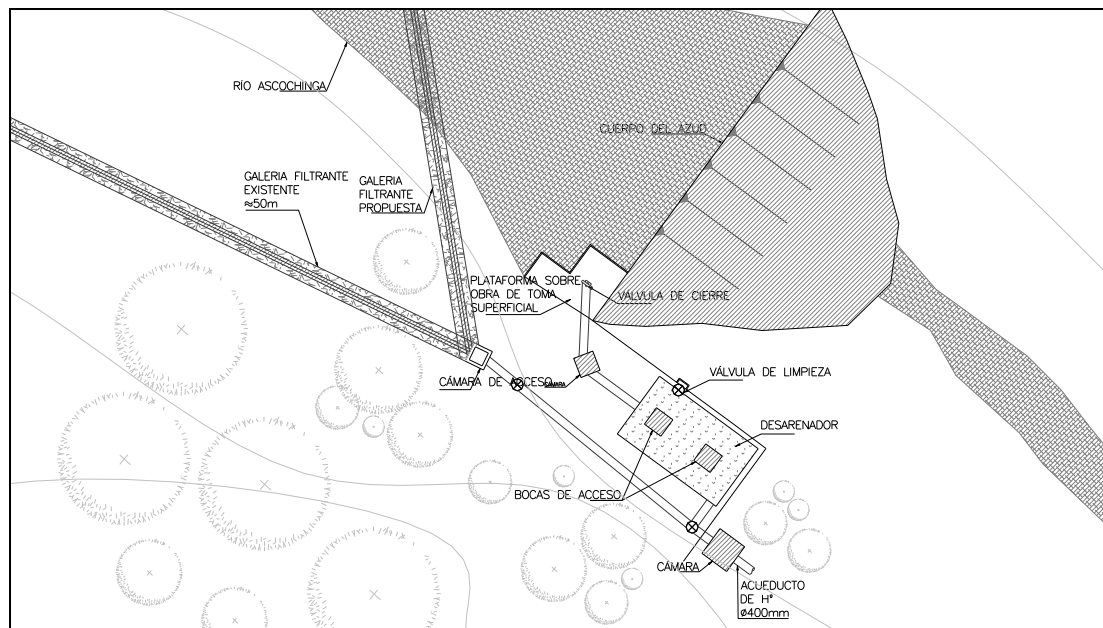
Al Norte de la localidad la fuente de provisión la constituye un azud de piedra emplazado sobre el río Ascochinga. El azud posee dos tipos de toma: una galería filtrante y una obra de toma superficial en el paramento del azud.

Desde la toma superficial el caudal es conducido a través de un desarenador para luego vincularse con el conducto de toma de la galería filtrante. Desde este punto se desarrolla un conducto hasta una Cámara de Nivelación y desde esta hasta la Planta de Tratamiento. A partir de la misma se desarrolla una red de distribución que además abastece un tanque en el Cerro La Cruz.

Se generó un modelo hidrológico semicontinuo para determinar la disponibilidad y regularidad del recurso en el punto de emplazamiento del azud.

En función de las conclusiones que surgen del relevamiento, de los resultados de los modelos matemáticos y de lo expresado por personal encargado de la operación del sistema, se identifican los siguientes ítems para la formulación de distintas acciones a seguir:

- De la modelación realizada se evidencia períodos de estrés hídrico a la vez que se determina que el río posee capacidad suficiente para abastecer los requerimientos de la población servida en tanto las obras de regulación (azud) y captación operen de forma apropiada.
- La actual galería filtrante manifiesta un muy bajo desempeño hidráulico, posiblemente como consecuencia del progresivo taponamiento de la zona de captación (filtros de la conducción, probablemente) por el arrastre de finos.
- Es necesario priorizar el abastecimiento subterráneo por sobre el superficial por razones de calidad (el filtrado natural) y cantidad (mayor regularidad). En consecuencia se sugiere la ejecución de una nueva galería filtrante emplazada en dirección perpendicular al cauce (**Figura 5**).
- Ambos tipos de toma se encontrarán interconectados, como en la actualidad, de tal forma que el sistema posea la máxima versatilidad posible y permita su adecuación a la necesidad o contingencia que se suscite.
- Se recomienda implementar en la cuenca medidas de conservación que permitirán sostener el suministro actual tanto en calidad como en cantidad en el tiempo.



**Figura 5.-** Hidrograma al punto de toma y valores característicos (Fuente: Elaboración propia)

### **Tramos de Conducción Las Ranitas – Cámara de Nivelación – Planta de Tratamiento**

En dichos tramos se identifican las siguientes acciones a seguir:

- **Reparación** de roturas en la conducción.
- Deberá realizarse en la cámara losa con su respectiva tapa y ventilaciones para evitar el ingreso de animales y residuos preservando la calidad del agua en el mismo.
- Ejecutar un **conducto adicional** que permita conducir el excedente de caudal que hoy se derrama.
- Se valorará el **cierre de la cámara** de nivelación para incrementar el caudal en la conducción al hacerlo bajo presión.

### **Planta de Tratamiento**

En el relevamiento de las instalaciones de la planta se observó un desborde desde las unidades de filtrado y desde la propia cisterna lo que evidencia la sobrada capacidad de la planta para tratar el caudal requerido por el sistema en la actualidad. En consecuencia las acciones de ampliación de la misma deben ser consideradas como medidas a ser diferidas en el tiempo en tanto no se solucionen los problemas puntuales de falta de capacidad en las conducciones.

### **CONCLUSIONES**

Como conclusión general se desprende que la localidad, sí bien se encuentra en una zona sujeta a marcadas variaciones climáticas estacionales y períodos de sequía ocasionales, se puede asegurar que el recurso existente, tanto el superficial como el subterráneo (entendiéndose el correspondiente al acuífero libre y sectores vinculados al subálveo de los cauces) es suficiente para cubrir la demanda actual y futura, si se realizan las necesarias tareas de mantenimiento y se subsanan las deficiencias estructurales relevadas sin necesidad de recurrir a intervenciones estructurales de gran magnitud.

### **REFERENCIAS**

SSS- USDA (1975). Soil Taxonomy.

**U.S. Army Corps of Engineers. Hydrologic Engineering Center** (2010). "HEC-HMS. Hydrologic Modeling System". *User's Manual. Version 2.2.1.* U.S.A.

**Thornthwaite, C. W.** (1948). "An approach toward a rational classification of climate". *Geographical Review* 38 (1): 55–94. doi:10.2307/210739

[www.ign.gob.ar](http://www.ign.gob.ar)

**EPA (2008).** EPANET. Software that Models the Hydraulic and Water Quality Behavior of Water Distribution Piping Systems. U.S.A.