

## XII Simposio Iberoamericano sobre planificación de sistemas de abastecimiento y drenaje

### “MONITOREO A DISTANCIA DEL SISTEMA DE BOMBEO DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE DE CRESPO”

*Fernando Diego Bach (1), Leandro Vacaretti (2)*

(1) Fernando Diego Bach. Coordinador de la Oficina de Vinculación Tecnológica y Docente-Investigador del CEGELAH/FCYT de la UADER y Secretario de Planificación, Obras e Infraestructura de la Ciudad de Crespo (Entre Ríos-Argentina). 25 de Mayo 943, Crespo, Entre Ríos, Argentina. 00543434951160. [infraestructura@municrespo.gov.ar](mailto:infraestructura@municrespo.gov.ar)

(2) Leandro Vacaretti. Secretario de Servicios Urbanos y Medio Ambiente de la Ciudad de Crespo (Entre Ríos-Argentina). 25 de Mayo 943, Crespo, Entre Ríos, Argentina. 00543434951160. [fernandobach@arnet.com.ar](mailto:fernandobach@arnet.com.ar). [serviciospublicos@municrespo.gov.ar](mailto:serviciospublicos@municrespo.gov.ar)

#### RESUMEN

El servicio de agua potable de la localidad de Crespo (Entre Ríos, Argentina) lo efectúa la municipalidad de dicha ciudad. A partir de un déficit crónico en la prestación del servicio, a saber: intermitencias, baja presión, roturas de bombas, se tomó la decisión técnico-política en buscar una solución. Fundamentalmente actuar para disminuir los eventos de falta de presión y corte en el suministro. Uno de los factores más importantes y sobre los cuales la municipalidad no puede actuar directamente es el servicio de energía eléctrica. Actualmente la tensión en el sistema es inestable y presenta una amplitud importante lo cual produce roturas en el equipamiento de bombeo. Por esto la solución sobrevino a partir de una aplicación de tecnología. El presente trabajo tiene como objetivo mostrar un camino a seguir en la implementación de un sistema de telemetría para monitoreo y control de un sistema de bombeo para una red de agua potable. En el mismo, se observaron los detalles técnicos de los equipamientos elegidos, las dificultades que se presentaron durante la puesta en marcha, la utilidad y la potencialidad del sistema. Podrá observarse como la globalidad tiene aplicaciones locales, en vista que el diseño del sistema, el software, la materialización y la puesta en marcha se produjo con recursos humanos locales.

**Palabras clave:** agua - automatización - telemetría

#### ABSTRACT

The service of potable water to the locality of Crespo (Entre Rios, Argentina) is done by the municipality of the city. From a chronic deficit in the provision of the service, namely: hazard, low pressure, cracking of pumps, the decision was made technical-political in search for a solution. Primarily act to decrease the events of a lack of pressure and cut into the supply. Primarily act to decrease the events of a lack of pressure and cut into the supply. One of the most important factors and on which the municipality cannot act directly is the electric power service. Currently the system voltage is unstable and presents a significant amplitude resulting in cracks in the pumping equipment. For this reason, the solution came from a application of technology. The present work aims to show a way forward in the implementation of a telemetry system for monitoring and control of a pumping system for a network of safe drinking water. In the same, we shall observe the technical details of the equipment chosen, the difficulties that arose during the implementation, the utility and the potentiality of the system. May be seen as a whole has local applications, in view of the fact that the design of the system, the software, the realization and implementation occurred with local human resources.

**Keys words:** water – automation - telemetry

## INTRODUCCION

Con el fin de brindar un marco referencial, cabe mencionar, que nosotros, los autores, escribimos este trabajo desde el rol de prestadores del servicio. Todas las acciones que se tomaron se iniciaron en el año 2011 (inicio de una nueva gestión). A modo de corolario, comenzaremos indicando datos de ubicación geográfica y algunos específicos sobre la oferta hídrica, para seguir con una breve descripción histórica del servicio de agua potable.

El municipio de Crespo pertenece a la provincia de Entre Ríos, en la República Argentina. Se encuentra a 35km de distancia de la ciudad de Paraná capital de la provincia.



**Figura 1. Ubicación Geográfica de la provincia de Entre Ríos y de la ciudad de Crespo.**

Datos Generales de la provincia de Entre Ríos:

- Superficie: 78.320 Km<sup>2</sup>
- Población: 1.158.147 hab.
- Temp. Media Anual entre 18° y 19°C.
- Precipitaciones Medias Anuales desde 900mm a 1200mm
- Clima: Subtropical Húmedo de Llanura (85% de la superficie), Templado Húmedo de Llanura (15% de la superficie)
- Distritos: 106
- Cuencas: 10
- Departamentos: 17

Oferta Hídrica:

Recursos Hídricos Superficiales

Número de Cursos de Agua: 7.733

Longitud de Cursos Interiores: 41.790 km lineales

Recursos Hídricos Subterráneos

Acuíferos Superiores de Entre Ríos:

Salto Chico: Riego Arroceras – Uso Poblacional

Paraná: Riego Cereales y oleaginosas - Uso Poblacional

Ituzaingó: Uso Poblacional

Acuífero Profundo: Acuífero Guaraní (Fuente: J. Santa Cruz- Proy. SAG)

Almacenamiento estimado: 37.000-43.000 km<sup>3</sup>

Espesor medio: 250m

Porosidad efectiva: 15%

Recarga media: 166 km<sup>3</sup>/año

Área de descarga: 694.000 km<sup>2</sup>

Profundidad: 50 a 1200 m

Temperatura: 33 a 65 °C

Área de recarga directa: 783.000 km<sup>2</sup>

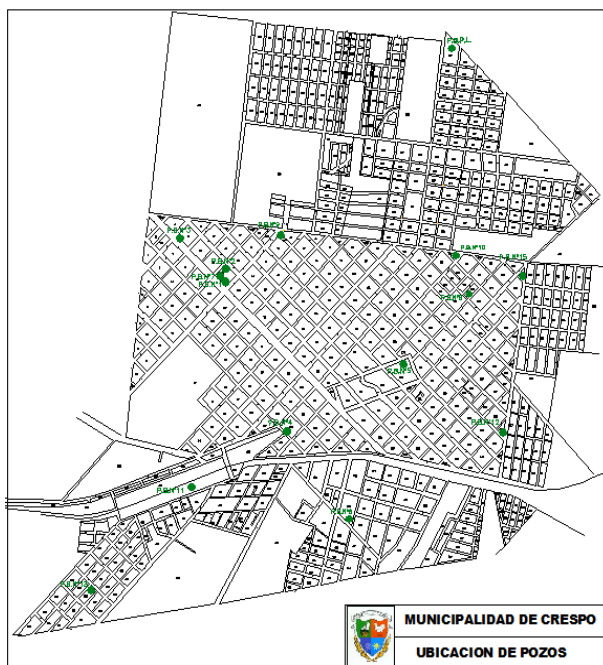
Volumen explotable: 1 km<sup>3</sup>

La ciudad de Crespo se encuentra en el Departamento Paraná, a unos 35km de la ciudad capital, Paraná. El agua para abastecimiento proviene del recurso hídrico subterráneo. Se obtiene la misma por medio de perforaciones que rondan los 90 metros de profundidad. La población actual es de aproximadamente 18.000 habitantes. La cobertura del servicio de agua potable es del 96%.

La prestación del servicio de agua potable de la localidad de Crespo (Entre Ríos, Argentina) lo efectúa el estado, en este caso bajo la figura de la municipalidad de dicha ciudad. Cabe mencionar que esta situación no siempre fue así. Desde el año 1980 los municipios de América Latina en general y de Argentina en particular, han ido asumiendo diferentes y cada vez más diversas responsabilidades en relación con las demandas directas de los ciudadanos. Durante los años 80 y en mayor medida en la década del '90 se produjo una serie de privatizaciones, una de ellas fue la de Obras Sanitarias de la Nación, en el año 1980, siendo que una parte pasó a manos de los municipios y comunas (la menos rentable) y otra parte se privatizó como en las grandes ciudades (Buenos Aires, Rosario, Córdoba, etc.). En el marco de circunstancias de distinta naturaleza (crisis económicas, aspectos coyunturales, crisis políticas), los procesos de descentralización de responsabilidades y las crecientes demandas sociales han promovido una mayor responsabilidad de los gobiernos locales. En muchos de los municipios que han asumido, entre otras, la prestación de servicios de agua potable y

saneamiento se observa, en la mayoría de los casos, que esto se ha producido sin el consecuente aumento de su capacidad institucional para asumir la mayor escala y complejidad de la gestión.

El servicio de agua potable como tal llegó de esta forma a ser parte del gobierno municipal cuando pasa a ser considerado ciudad. En Crespo la primera red de agua se construyó en el año 1946 (verificar). Fue diseñada siguiendo el sistema abastecimiento que consiste en una bomba sumergible que alimenta a un tanque de reserva elevado, y desde aquí, previa “desinfección” (clorinación), se distribuye por presión gravitacional a una red cerrada.



**Figura 2. Ubicación de los Pozos de agua potable en la Ciudad de Crespo.**

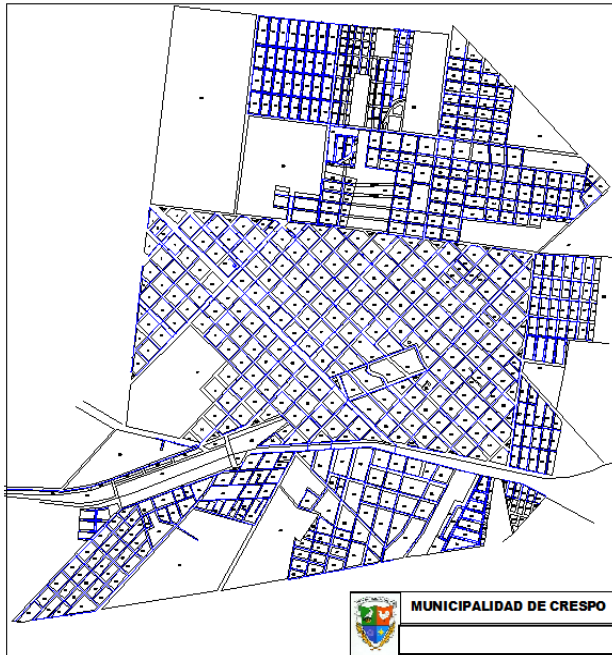
De esa fecha a la actualidad han pasado 60 años con el consecuente incremento de la población y del aumento de la trama urbana. En la actualidad cuenta con 14 perforaciones (ver Fig. N°2) la red primaria sigue en funcionamiento, pero ha crecido a medida que crecía la ciudad con una planificación que resultó inadecuada a las situaciones actuales (siempre es más fácil hablar del pasado con los resultados de hoy) (ver Fig. N°3). El criterio era cobertura por sobre calidad del servicio. Esto hacía que se vayan adicionando tubería a la red y perforaciones en diversos puntos de la ciudad para inyectar directamente a la red. Esto produjo redes en las cuales es (hasta el día de hoy) prácticamente imposible determinar su comportamiento. Otro tanto sucedía con los

sistemas de bombeo. Al no conocer cuanta cantidad exacta de agua se inyecta en la red, lo que se hace es una estimación a partir de la curva teórica de la bomba y del consumo energético. En función de ellos los valores que se obtienen son del orden de los 500 a 600 lts/hab/día, una cifra fuera de todo parámetro. Lo que sí es real el costo energético del sistema de bombeo, ya que los mismos son altísimos como podrá observarse más adelante en el punto resultados. Sumado a esto el hecho de las reparaciones de electrobombas y las roturas de cañerías.

Pero el panorama no termina aquí, existía una gravísima falta de información, la red solamente estaba en los viejos planos de OSN (Obras Sanitarias de la Nación) y no había datos de las ampliaciones, reparaciones, sustituciones, nuevas válvulas, hidrantes. Y la información disponible no estaba sistematizada.

El futuro del servicio estaba escrito. Con el tiempo la ciudad siguió creciendo y la demanda fue en aumento lo que produjo no el colapso, pero sí que el servicio fuese muy deficiente. Los sistemas de bombeo eran ineficientes y se producían roturas continuas en los mismos, siendo el principal factor la intermitencia en el sistema, detención y arranque de las bombas, tableros eléctricos no adecuados. Este funcionamiento del bombeo producía roturas de cañerías y accesorios por alta presión. También se traducía en un consumo excesivo de energía eléctrica dado que las electrobombas funcionaban prácticamente todo el día.

Otro componente de peso es el de los recursos humanos, ya sea administrativos o técnicos, estos son escasos y/o con capacitación desactualizada. Los técnicos estaban más focalizados a los problemas de roturas y mantenimiento del servicio, que a trabajar para un servicio de calidad.



**Figura 3. Red de Agua potable de la ciudad de Crespo.**

Pero el factor que define los lineamientos a seguir son los decisores políticos. Estos veían (y aún hoy sucede) que el servicio es solamente la cobertura, llegar con la red hasta el frente de la casa del vecino, es solo la obra física, no interesa la calidad del servicio, no hay sostenibilidad. Todos estos aspectos terminan desembocando en un servicio de agua potable malo. Esta breve historia ocurre actualmente no solo en los municipios y comunas de Entre Ríos, sino que en una gran cantidad de toda la Argentina.

En resumen, el suministro de agua potable en la ciudad de Crespo presenta un funcionamiento deficiente, debido a que los sistemas utilizados son totalmente manuales, causando que el tiempo de respuesta ante perturbaciones tales como rotura de cañerías por excesos de presión, anomalías en el funcionamiento de equipos de bombeo y cortes de fluido eléctrico, ameritaran lapsos de tiempo prolongados, causando pérdidas de recursos de tiempo y eficiencia en la distribución de agua.

Los Municipios entrerrianos, si bien cuentan con una cobertura de abastecimiento urbano de agua que ronda el 90% de los usuarios en promedio, tiene serias deficiencias en la calidad del servicio que se presta. La misma se ve disminuida progresivamente por los siguientes motivos:

- Aumento del consumo de agua “per cápita”, sin una adecuada mensura de los volúmenes consumidos por usuario (cuasi inexistencia de micro-mediciones o de mediciones por sectores),

- Agua no controlada (fugas) sin ningún tipo de mensura de la misma,
- Relevamiento impreciso o hasta inexistente por sectores, de los tendidos de abastecimiento,
- Conocimiento impreciso de las capacidades reales de bombeo,
- Escaso o difuso conocimiento del comportamiento de las fuentes de provisión subterránea.

Estos puntos traen aparejados las siguientes consecuencias:

- Crecimiento progresivo de la demanda de agua, aumentando la necesidad de nuevas perforaciones.
- Disminución y hasta corte de suministro en horas pico, problema que se agudiza en verano y /o en temporada alta de turismo.
- Aumento de los costos energéticos para la provisión del servicio (luego del los RRHH, la energía el segundo costo en importancia en la tabla de gastos para brindar el servicio urbano de agua).

La falta o escasa información disponible sobre las principales variables del sistema, significa una importante debilidad a la hora de tomar decisiones locales que contribuyan a la sostenibilidad del sistema. Esta debilidad abarca desde aspectos del entorno natural del cual se abastece (Fuentes subterráneas y las principales condiciones de uso y recarga de la misma, posibles amenazas a su calidad, etc.), las condiciones de consumo por manzana, hasta las características precisas de la topología de la red y de todos sus componentes.

A partir de un déficit crónico en la prestación del servicio, a saber: intermitencias, baja presión, roturas de bombas, se tomó la decisión técnico-política en buscar una solución. Fundamentalmente actuar para disminuir los eventos de falta de presión y corte en el suministro. Uno de los factores más importantes y sobre los cuales la municipalidad no puede actuar directamente es el servicio de energía eléctrica. Actualmente la tensión en el sistema es inestable y presenta una amplitud importante lo cual produce roturas en el equipamiento de bombeo. Por esto la solución sobrevino a partir de una aplicación de tecnología.

El presente trabajo tiene como objetivo mostrar un camino a seguir en la implementación de un sistema de telemetría para monitoreo y control de un sistema de bombeo para una red de agua

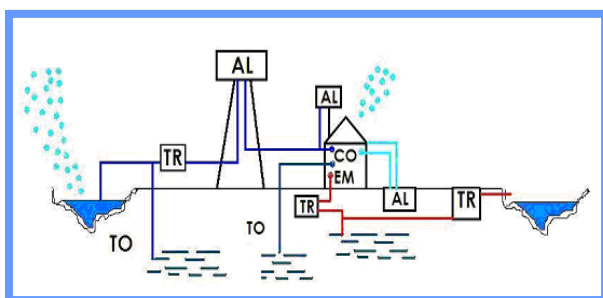
potable. En el mismo, se observaron los detalles técnicos de los equipamientos elegidos, las dificultades que se presentaron durante la puesta en marcha, la utilidad y la potencialidad del sistema. Podrá observarse como la globalidad tiene aplicaciones locales, en vista que el diseño del sistema, el software, la materialización y la puesta en marcha se produjo con recursos humanos locales.

Hasta aquí está planteada la problemática, ahora expresaremos como se enfrenta esta realidad. Y las soluciones vienen desde el conocimiento.

## BASE CIENTIFICO TEORICA

En este punto nos introduciremos en cuál es nuestra visión sobre el sistema que estamos actuando. Aquí serán abordadas los fundamentos sobre los cuales se edificaron las posteriores acciones y materializaciones para la solución técnico-económica del problema. Nos encuadramos dentro del denominado Ciclo Urbano del Agua (CUA) y del concepto información para la toma de decisiones.

El ciclo urbano del agua (CUA) es sobre donde comenzamos a desandar este camino, el mismo se constituye en el marco de referencia para encuadrar el sistema de provisión de agua. En la figura siguiente puede observarse una representación gráfica del ciclo urbano del agua (CUA) la cual fue compilada de los trabajos del Arq. M. Nudelman (CEGELAH, FCYT/UADER).



**Figura 4. Ciclo Urbano del agua.**

TO: toma

TR: tratamiento

AL: almacenamiento

CO: consumo

EM: emisión

La misma es una simplificación de un sistema complejo y con gran cantidad de variables. En ella se pretende condensar todos los aspectos que conforman el Ciclo Urbano del Agua.

Si entendemos a un ciclo como algo que comienza y termina, digamos a modo de breve explicación de esquema del CUA, como el flujo de agua se inicia en el recurso de disponible que puede ser superficial, subterráneo y/o pluvial. Luego le sigue la obra de toma (TO) y el tratamiento (TR) que se dará en cada caso para su potabilización. A partir de aquí se almacena (AL) y distribuye. Luego de ser utilizada y consumida (CO) se procede a su emisión (EM) para lo cual es recolectada y tratada (TR) para proceder a su disposición final. Para inmediatamente comenzar otro ciclo.

Este trabajo se concentrará en uno de los componentes del CUA, en la obra de toma (TO). En el caso del municipio de Crespo, como fue mencionado anteriormente, el recurso proviene del agua subterránea y para la obtención de la misma es necesario realizar perforaciones y la utilización de electrobombas sumergibles.

Como es bien sabido por los lectores muchos de los centros urbanos que conocemos, adolecen, carecen, no son los adecuados y/o están desactualizados los componentes de la infraestructura del ciclo que acabamos de ver y en otros centros urbanos probablemente se suma a esto un servicio deficiente. Este servicio muchas veces puede ser el resultado de políticas y gestiones con una planificación que no está acorde a las necesidades y situación del municipio. Vale mencionar que quienes están encargados de llevar adelante esta administración en muchos casos su operatividad está limitada ya sea por recursos materiales, infraestructura, capacitación y/o burocracia. Generalmente nos encontramos que las flaquezas de los servicios se corresponden a un problema económico de falta de inversión en el sector.

El otro punto, la información para la toma de decisiones está referido en cierto modo a la administración pero también a cualquier ciencia exacta y es el axioma que dice: lo que no se mide no se controla y no se mejora. Un ejemplo, sumamente gráfico lo vemos en las consultas médicas, durante el transcurso de la misma el doctor nos toma la presión sanguínea, registra nuestros latidos y hace otras observaciones, está midiendo. Estos resultados les sirven para conocer rápidamente nuestro estado de salud. Ahora si quiere profundizar, lo que hace es solicitarnos que

nos sometamos a ciertos análisis, hace una medición más exhaustiva para determinar un diagnóstico, con el cual podrá tomar las acciones necesarias para indicarnos un tratamiento que nos permita mejorarnos.

Si no puedes medirlo, no puedes controlarlo. Es el postulado base para todo control dimensional. La principal justificación para invertir tiempo y dinero en poder controlar un proceso determinado debe ser el perseguir dominar la situación y poder saber hacia dónde evoluciona y hacia dónde nos dirigimos, comparar con la dirección que nos interesa y poder corregir si es necesario.

La medición es la primera etapa que conduce al control. Si no puedes medir algo, no lo puedes comprender. Si no lo puedes comprender, no lo puedes controlar. Si no lo puedes controlar, no lo puedes mejorar.

Si bien es cierto que para controlar y mejorar cualquier procedimiento es preciso poder medirlo, igual de cierto es que no por medirlo todo se mejoran las cosas.

Medir es, por tanto, una parte integral de las acciones que nos ayudan a corregir situaciones pasadas no conformes y nos ayudan a evolucionar hacia otras futuras. No hay que engañarse, ni hacer creer que un indicador de medida por sí solo es capaz de conseguir las mejoras deseadas. Pero sólo a través de la medición es posible identificar y cuantificar las oportunidades de mejora que pueden llevarse a cabo mediante un plan de acción. Esos mismos indicadores permiten obtener una evidencia clara de que el plan de acción adoptado está resultando o no efectivo. El mero hecho de medir permite el seguimiento de los progresos realizados, proporcionando una evidencia tangible de los logros.

En definitiva, el ver cómo está funcionando un determinado proceso ayuda en la revisión de los siempre criticados procedimientos y permite evaluar la efectividad de cualquier cambio que se realice.

El resultado, no puede ser más claro, cuando se interrelaciona el sistema de indicadores de medida de procesos con el sistema de acciones correctivas se consiguen disminuir las ineficiencias y, por tanto, se produce una mejora de los costos.

Prosiguiendo, estaremos analizando un sistema de bombeo, la obra de toma (TO) del CUA, y lo pretendemos medir y controlar apoyándonos en la telemetría, siendo uno de los elementos tecnológicos que permiten la aplicación de estos principios.

## METODOLOGÍA

Como hemos mencionado, el cuadro de situación en el momento que asumimos la gestión era de un servicio cuya prestación sufría un déficit, a saber: intermitencias, baja presión, roturas de bombas. Para ello se tomo la decisión técnico-política en buscar una solución, fundamentalmente actuar para disminuir los eventos de falta de presión y corte en el suministro. O sea mejorar el servicio. De los costos de “producción” (el sistema de bombeo) el 70% se corresponde a la energía eléctrica, siendo el más representativo de la tasa se procuro atacar el mismo. Aquí también influyen las continuas reparaciones de las electrobombas. Por ello tomamos la decisión para mejorar el servicio, generando indirectamente un beneficio económico en el sector. Digamos que la meta es: garantizar un constante y efectivo servicio de agua potable en la ciudad de Crespo.

Hemos visto que para poder mejorar, hay que controlar y para ello hay que medir. El punto es que uno de los factores más importantes y sobre los cuales la municipalidad no puede actuar directamente es el servicio de energía eléctrica. Actualmente la tensión en el sistema es inestable y presenta una amplitud importante lo cual produce roturas en el equipamiento de bombeo. Entonces sabemos cuál es el factor que mayor incidencia tiene en las roturas de los equipos de bombeo, esto nos permitió definir que uno de los primeros factores a medir serán las fases del sistema eléctrico.

Por esto la solución sobrevino a partir de una aplicación de tecnología: la telemetría para monitoreo y control de un sistema de bombeo para una red de agua potable.

Esta idea la vemos resumida en la siguiente figura Poseer una unidad de control (UC OSM) la cual se encargue justamente de monitorear y controlar por un lado las 14 perforaciones (SBM) y la red de distribución de agua midiendo la presión en la misma (PRM). Además disponer de una unidad de servicio que atienda las alertas y los desperfectos (US OSM).

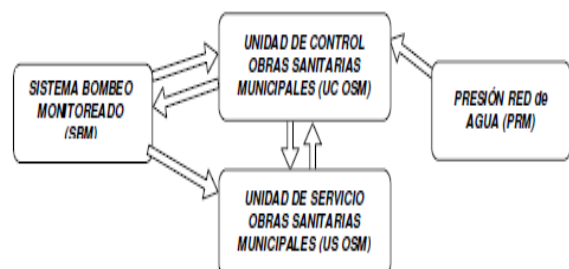


Figura 5. Esquema Telemetría OSM.

A continuación se observaran los detalles técnicos de los equipamientos elegidos, las dificultades que se presentaron durante la puesta en marcha, la utilidad y la potencialidad del sistema.

Las primeras acciones que se desarrollaron fue trabajar con la información de la red. Para ello se procedió a digitalizar los planos de la red, lo cual está en continuo proceso y próximamente estará disponible en la página web del municipio ([www.municrespo.gov.ar](http://www.municrespo.gov.ar)). Como así también se digitalizan los circuitos eléctricos de los tableros.

En lo que se refiere a incorporación de tecnología, se han realizado inversiones en los sistemas de electrobombas procediendo a la adquisición de equipamientos nuevos y también tableros nuevos, además de la adaptación de los existentes al sistema de telemetría. En cada tablero se incorporaron dispositivos que permiten comparar valores reales de tensión contra predeterminados si se produce desequilibrios y anomalías de tensiones.

Siendo que debe “protegerse” esta inversión en nuevos equipos, cabe ver cuáles son los aspectos operativos que inciden en el sistema de bombeo, entre los cuales están: problemática en la operación de los sistemas en forma manual (por la cantidad y por la distancia), lentitud de respuesta (por ser manual), interrupciones en el servicio, riesgos eléctricos, no contar con lecturas de estado.

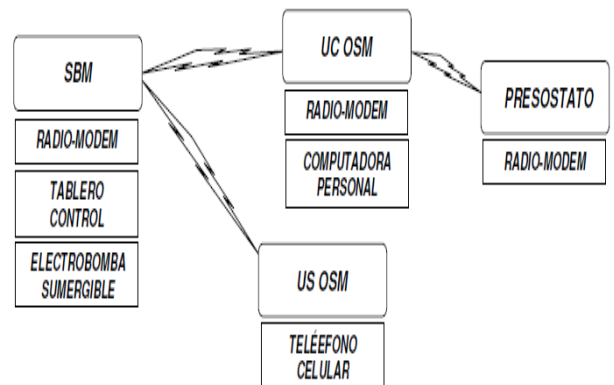
Recordemos que se disponía de instalaciones electromecánicas obsoletas, equipos antiguos o con gran cantidad de reparaciones, solo un tanque de reserva, comando individual de pozos (14). Siendo las consecuencias: rotura de equipos, intermitencia en el servicio, baja calidad de agua, baja presión de servicio, al costo energético.

Se procedió a las siguientes acciones:

- a) Aseguramiento de la producción, con instalaciones electromecánicas. Reposición de equipos de bombeo, modernización.
- b) Comando centralizado de operación de pozos, parámetros que se monitorean: tensiones en la red eléctrica, amperaje con el que funciona el equipo de bombeo y presiones en la red de agua.
- c) Automatización – Software / Sistema de señales inalámbricas (Lan).

Una vez adquiridas las nuevas electrobombas y los nuevos tableros de comando fuimos por el sistema de telemetría.

Un esquema más detallado de como se concibe el sistema de telemetría para el servicio de agua potable de la ciudad de Crespo lo vemos en la siguiente figura.



**Figura 6. Esquema Telemetría OSM Crespo**

Este está compuesto por:

- 1 Unidad de Control Obras Sanitarias Municipal
- 14 Equipos de Bombeo Monitoreados de Control
- 1 Registro de presiones en la red de distribución
- 1 Unidad de Servicios Obras Sanitarias Municipal

La estación de monitoreo (Centro de control y monitoreo) es la responsable de monitorear a cada estación, con la posibilidad de controlarla por medio de un programa Scada, que permite la interfase humano-máquina. Por tanto, tiene acceso al monitoreo, a la activación y desactivación de las variables de todo el sistema. La Unidad de Control de se encuentra ubicada en lo que denominamos Obras Sanitarias Municipal, en este predio esta el único tanque de reserva y los pozos N°1, N°2 y N°7. Esta unidad de control cuenta con un radio modem, una computadora personal la cual está provista del software que fue diseñado para esta prestación por una empresa de la zona. El cual no requiere programación adicional ni licencias de software por ampliaciones. A ella llega la información de las 14 perforaciones y la lectura del presóstato. Esta, a su vez, vinculada por medio SMS a un teléfono celular que dispone la Unidad de Servicio de Obras Sanitarias Municipal.

Cada equipo de bombeo dispone de su estación remota (radio-modem) y con un tablero adecuado para esta prestación, los microprocesadores disponen de programas desarrollados exclusivamente para estas funciones.

Se encuentra montado un medidor de presión en la red de distribución en uno de los sectores más altos de la ciudad. Este dispone de su propia

estación remota para obtener la conectividad del sistema. La función del mismo es efectuar lecturas continuas de las alturas manométricas, este indicador es el que utilizamos para definir los arranques y paradas secuenciales de los equipos de bombeo.

La conectividad de todo el sistema es por medio de vínculos inalámbricos, realizados por radio-módem o por Wireless IP compatibles, esta comunicación está diseñada con protocolos propios. Si una bomba se detiene por alguna falla externa, inmediatamente se genera un mensaje de texto (SMS) y se envía a los teléfonos celulares configurados para recibir los avisos. También se comunica cuando se restablece la causa del problema.

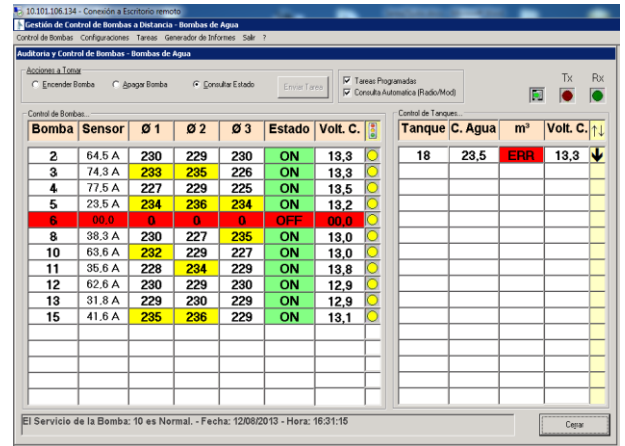
## RESULTADOS

El primer y más importante resultado es el hecho de disponer de una herramienta para el monitoreo y control del sistema de bombeo. La cual fue pensada y resuelta con el aporte de la transferencia tecnológica de la Universidad Autónoma de Entre Ríos por medio de su centro de investigación CEGELAH y de empresas locales que proveyeron el sistema de telemetría.

La figura que sigue se refiere a la interfaz diseñada, esta pantalla muestra con gran sencillez los datos recabados, permitiendo una fácil interpretación de los distintos estados de los parámetros de una bomba (tensión en cada una de las fases, amperaje del equipo de bombeo, etc), combinando las lecturas numéricas con parámetros visuales determinados por colores con los que obtenemos una más fácil comprensión de la operatividad de las bombas.

El manejo del sistema no se necesita de personal especializado, el panel de control es extremadamente simple e intuitivo.

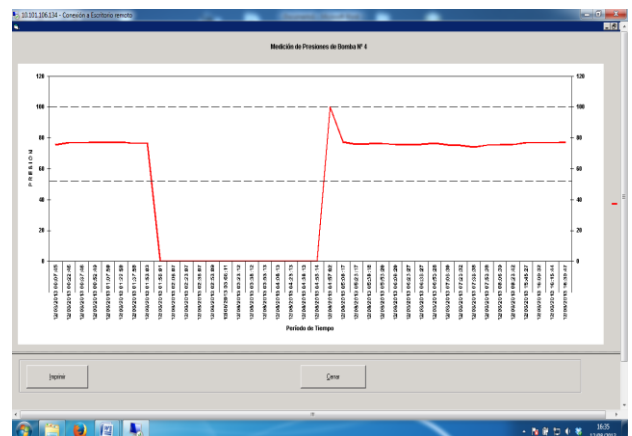
Tiene todas las posibilidades de automatizar tareas, por ejemplo: automatizarlo por tiempo, o por nivel de tanque/cisterna o utilizarlo manualmente desde la central o el pozo, quedando registradas todas las actividades realizadas en fecha y hora.



**Figura 7. Interfaz Telemetría OSM Crespo.**

Esta herramienta nos permite tener una visión más representativa de la evolución de los parámetros medidos en un determinado período de tiempo. Los gráficos ya procesados por el sistema ahorran tiempo de análisis ante eventos puntuales, de la misma forma que permiten corroborar el buen funcionamiento de los equipos.

De igual manera que en los listados se pueden generar distintos tipos de gráficos de acuerdo al tipo de filtrado elegido. Los criterios de filtrados son de similares característica a los utilizados en los listados. La diferencia radica en poder seleccionar el parámetro específico que deseamos visualizar, por ejemplo: tiempo de funcionamiento del equipo de bombeo, amperaje del sistema, etc.

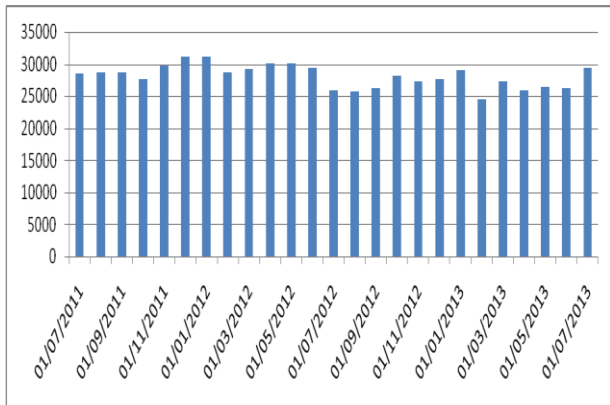


**Figura 8. Tiempo de funcionamiento de la bomba del Pozo N°4.**

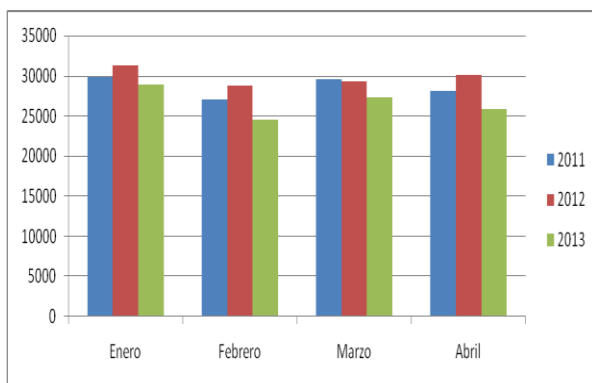
La pantalla observada anteriormente (Figura N°8) nos muestra el consumo de amperes de la electrobomba del Pozo N°4, ahora bien en las abscisas está indicado el tiempo, allí puede apreciarse que al no haber consumo nos indica, en principio, que la bomba esta parada, seguidamente vemos un pico el que nos dice que ha arrancado.

Por esto decimos que el gráfico representa el tiempo de funcionamiento.

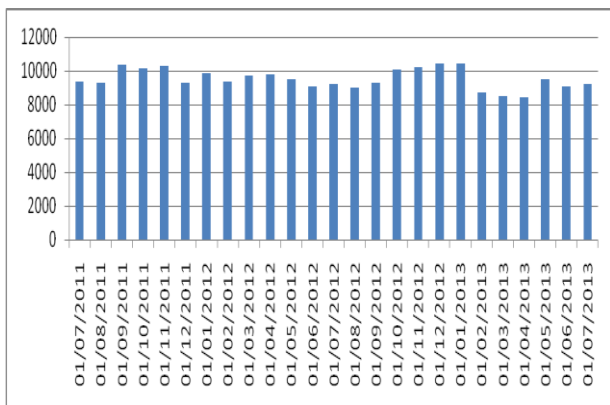
Otros indicadores que hemos evaluado son el consumo de energía eléctrica en las perforaciones. Para ello tomamos dos pozos el N°4 y el N°13 En los siguientes gráficos puede observarse la evolución de ellos.



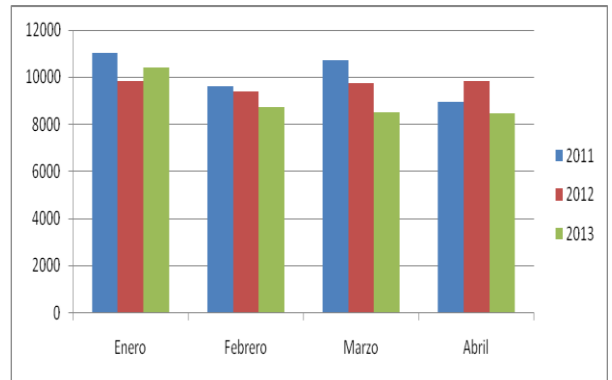
**Figura 9. Consumo de energía eléctrica (Kw) periodo 07/2011 al 07/2013 Pozo N°4.**



**Figura 10. Consumo energía eléctrica (Kw) 1° cuatrimestre 2011, 2012, 2013 Pozo N°4.**



**Figura 11. Consumo energía eléctrica (Kw) periodo 07/2011 al 07/2013 Pozo N°13**



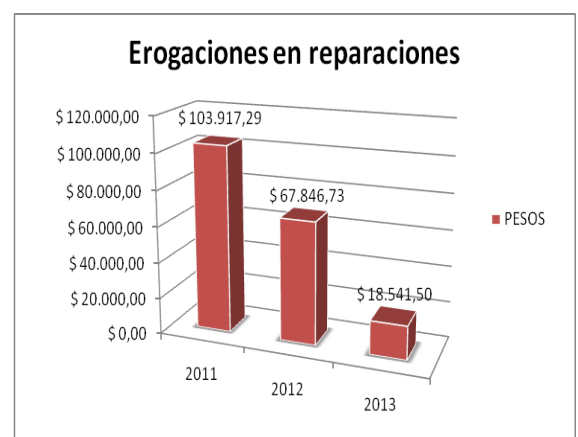
**Figura 12. Consumo energía eléctrica (Kw) 1° cuatrim. 2011, 2012, 2013 Pozo N°13.**

Una consecuencia directa debido a la adopción de esta tecnología es la menor cantidad de reparaciones en los equipos de bombeo con el consiguiente ahorro de recursos económicos por la reparación en sí, más la menor cantidad de gastos en personal y maquinarias.

**Tabla 1. Erogaciones en reparaciones de electrobombas (2011, 2012, 2013).**

REPARACIONES	
AÑO	PESOS
2011	\$ 103.917,29
2012	\$ 67.846,73
2013	\$ 18.541,50

Fuente: Municipalidad de Crespo, 2013.



**Figura 13. Erogaciones en reparaciones de electrobombas (2011, 2012, 2013).**

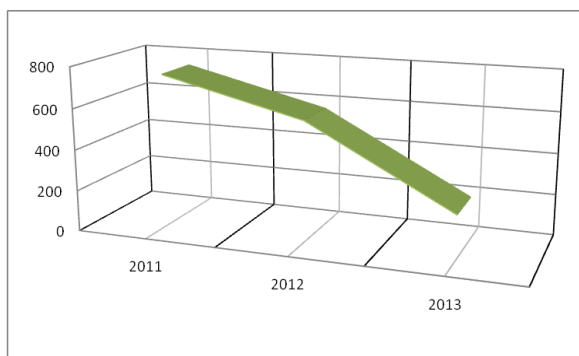
La municipalidad de Crespo cuenta con un sistema de atención al contribuyente en el cual quedan registrados los reclamos y solicitudes de

los vecinos sobre todos los servicios que se brindan, como recolección de residuos, alumbrado público, tránsito, servicio de desagües cloacales, servicio de provisión de agua y otros. De todos ellos se tomo solamente los que nos importan para este trabajo, o sea, el servicio de provisión de agua, el cual fue reflejado en la tabla y la figura siguiente.

**Tabla 2. Cantidad de reclamos sector provisión de agua Obras Sanitarias Municipales de Crespo 2011, 2012, 2013 (hasta julio).**

AÑO	RECLAMOS
2011	750
2012	581
2013	210

Fuente: Municipalidad de Crespo, 2013.



**Figura 14. Cantidad de reclamos en el sector provisión de agua de Obras Sanitarias Municipales de Crespo 2011, 2012, 2013 (hasta julio).**

## ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

El hecho de contar con una herramienta para el monitoreo del sistema de bombeo nos permite en tiempo real visualizar el estado del mismo y accionar con mayor eficiencia y eficacia, con menores costos operativos y con mayor velocidad y capacidad de respuesta ante las eventualidades conocidas, basando las decisiones operativas en la información obtenida y las establecidas por los encargados. Con este sistema se evitan riesgos y tiempo de personal permanente a cargo.

Debido a la programación de arranques y paradas de los equipos de bombeo, se vio disminuida la carga horaria de funcionamiento de las bombas lo

que generó el consiguiente ahorro económico producto del menor uso.

Es obvio que al tener menor cantidad de reparaciones hay un ahorro económico, por un lado por la reparación en sí y por otro el hecho que cambiar un sistema de bombeo es una tarea de cierta complejidad que demanda mano de obra especializada y horas de maquinarias, las cuales no se encuentran representadas en los gráficos.

La primer lectura del estudio del indicador consumo de energía eléctrica en el sistema de bombeo deja claramente expresado el ahorro, lo cual se traduce directamente en una merma sensible del costo del servicio (Fig. N°10 y N°12). Hay otro aspecto a destacar, observando las Fig. N°9 y N°11, que representan un estudio de mayor extensión temporal, se visualiza como los picos de consumo en las temporadas estivales van disminuyendo, para ese periodo año a año.

Al respecto del segundo indicador, cantidad de reparaciones de electrobombas, es aún más significativo, se observa la importante disminución desde su implementación a la fecha. Es obvio que al tener menos cantidad de reparaciones hay un ahorro económico, por un lado por la reparación en sí y por otro el hecho de que cambiar un sistema de bombeo es una tarea que demanda horas de maquinarias y de operarios. Ahora si vamos al punto de vista operativo esto se traduce en una mejora del servicio, siendo que el mismo no se ve afectado, no hay intermitencias o en el peor de los casos interrumpido. Y una notable mejora de la presión en las áreas servidas sectorizadas.

Luego hay otros resultados que se producen con la adopción de un sistema de automatización y monitoreo de la producción. El hecho de que este es controlado en tiempo real permite tomar acciones correctivas y mejoras en menor tiempo, evitando que el sistema de abastecimiento de agua potable se resienta produciendo inconvenientes en los usuarios (Ejemplo: cortes en el suministro eléctrico). Se produce una optimización del funcionamiento de bombeo ya que ahora se programa la detención y arranque de las electrobombas en las horas de menor consumo.

Sin lugar a dudas el aspecto más relevante es la satisfacción del contribuyente, que queda notoriamente reflejada en la Fig. N°14 la mejoría que hubo a partir de la adopción del sistema.

## **CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO**

A modo de recomendación queremos resaltar la importancia de la información. Comenzando desde lo obvio, como los planos de la red de distribución presiones en la red, como así también las curvas características de los sistemas de bombeo a otros más específicos como lo son el estudio de los acuíferos. Por un lado contar con esta información pero además disponerla en forma ordenada y que sea de fácil acceso.

Este programa de monitoreo y control del servicio de agua potable permite contar con un control automático que brinda características tales como:

- Reducción de los tiempos de respuesta ante perturbaciones, debidos al consumo.
- Interfaz amigable con el usuario. Mínima capacitación.
- Genera registros e informes de los estados del sistema.
- Monitorear cada una de las bombas y los niveles de presión en la red.
- Despliega alarmas del sistema y posibles causas. Disminuye el consumo de energía y aumenta la vida útil de los motores, debido al uso de variadores de frecuencia controlados por el sistema automático.

El punto sobresaliente o el efecto más fuerte luego de la adopción de esta tecnología es la menor cantidad de reclamos en el sector de atención al contribuyente, que como vimos se ve reflejado por el menor número de llamados al sector, contrarrestando con las demandas continuas que existían previos a la implementación del sistema. Este es un dato irrefutable que nos marca que el camino que estamos recorriendo es el correcto.

Vemos como este sistema se ha transformado en un servicio más previsible y más eficiente.

Este es un claro ejemplo de éxito de transferencia tecnológica y de la importancia fundamental de desarrollar capacidades locales. Por un lado el papel de la Universidad Autónoma de Entre Ríos facilitando el proceso de investigación+desarrollo+transferencia (I+D+T), por medio del CEGELAH que ha promovido las acciones necesarias y fue facilitador del proceso.

Este impulso fue canalizado por medio de capacidades locales, la solución tecnológica surge a partir de desarrollos locales. La telemetría es la conjunción de una empresa entrerriana que trabaja en automatización y de empresas crespenses que

proveyeron los tableros y los radio-modems. Es el resultado conjunto de actores públicos y privados, la universidad, el gobierno municipal y las empresas locales. Nos permite generar capacidades locales para llevar adelante el servicio de agua potable.

La telemetría del servicio de agua potable es solo un eslabón de los que conforman la cadena del servicio eficiente y de calidad que procuramos. Sabemos que tenemos un camino considerable que recorrer.

Los pasos futuros en los que están trabajando son: Micro y macro mediciones. Crespo posee una Ordenanza en la cual dispone como obligatorio la instalación de medidor de agua domiciliario en cada nueva construcción. Además se lleva adelante un programa en el cual se instalarán 4.000 medidores en 4 años (iniciado en 2011), a la fecha se llevan instalados 2460. En el momento de hacer estas tareas se detectan medidores en mal estado los cuales son reemplazados.

Se evaluará la conexión de generadores de energía eléctrica como respuesta a los cortes del fluido eléctrico, de manera automática.

Se comenzó un estudio sobre la sectorización de la red, con vista a llevar la actual situación a una que permita operar con el sistema de bombeo para nivelar un tanque de reserva y no como sucede hoy inyectando agua directamente a la red. Esto producirá un aumento en la capacidad de reserva

Se procederá a realizar un estudio de fuentes junto con el CEGELAH, procurando determinar cómo se comporta el acuífero a fin de disponer de parámetros locales sobre el mismo.

Acciones de difusión y participación para la población (concientización). Escuelas, jardines de infantes, gremios, entidades e instituciones.

Consideramos que es necesario fortalecer la vinculación con el sistema de ciencia y tecnología nacional e internacional para ampliar el espectro de opciones a partir de los aportes de un nutrido y pertinente abanico de centros y grupos especializados en la gestión del sector del agua y el saneamiento. Apoyando la construcción de estrategias de acción compatible tanto con los objetivos de sostenibilidad que se persiga, como con los recursos disponibles, que en la mayoría de los casos son escasos. La vinculación con el sector de ciencia y tecnología además mejorará la posibilidad de lograr intervenciones apropiadas y ventajosas para la población y para los responsables de los sectores políticos, económicos y sociales implicados localmente en la búsqueda de un Ciclo Urbano del Agua sostenible.

Se observa como condición indispensable para que los esfuerzos y la inversión en innovación y transferencia en el campo municipal prosperen: la continuidad de las acciones. Los instrumentos y nuevas capacidades que puedan transferirse son necesarios, pero los déficits construyen, entorno a ellos, una cultura de la precariedad, en la cual se saltean pasos del proceso de planificación tomando decisiones con información parcial o fragmentada y se transfieren responsabilidades de decisión a estadios de jerarquía provincial e inclusive nacional. La alianza perdurable entre los municipios y la universidad tiene que apuntar a la creación de una nueva cultura de la gestión del agua, donde los actores locales toman partido en la decisión de preservar el recurso, distribuirlo equitativamente, en cumplimiento eficiente de objetivos de calidad y cantidad, para las generaciones presentes y futuras.

VietriVeloz P. (2010). Diseño e implementación de un prototipo de telemetría en la red de distribución de agua potable del Distrito Metropolitano de Quito sector sur oriental. FIE, Escuela Politécnica del Ejercito. Ecuador.

Oliveira de Carvalho P. (2010). Automatización y control en sistemas de abastecimiento Urbano. LENHS, UFPB, Brasil.

## BIBLIOGRAFIA

Ferro G., Lentini E y C. Romero (2010). Eficiencia y su medición en prestadores de servicios de agua potable y alcantarillado. CEPAL, ONU

LiveCom (2011). Sistema de Control y Auditoria de Bombas de Agua. LiveCom, Nogoyá, Entre Ríos, Argentina.

Nudelman M. y otros. (2010). Aportes a la gestión local del ciclo urbano del agua desde la investigación, el desarrollo y la innovación. Universidad Autónoma de Entre Ríos. Paraná, Entre Ríos. Argentina.

Olivares R. (2010). Sistemas de información de agua potable y saneamiento. Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México. México

Pimentel Gomez, H. y otros (2010). Sistemas de Saneamiento. Eficiencia Energética. Editora Universitária. UFPB. Brasil.

Robirosa, M., Cardarelli, G. y A. Lapalma (1990). Turbulencia y planificación social. Lineamientos metodológicos de gestión de proyectos sociales desde el Estado. Primera Edición. UNICEF. Argentina.