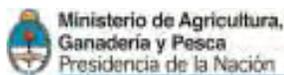


"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".



## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

### Informe Técnico

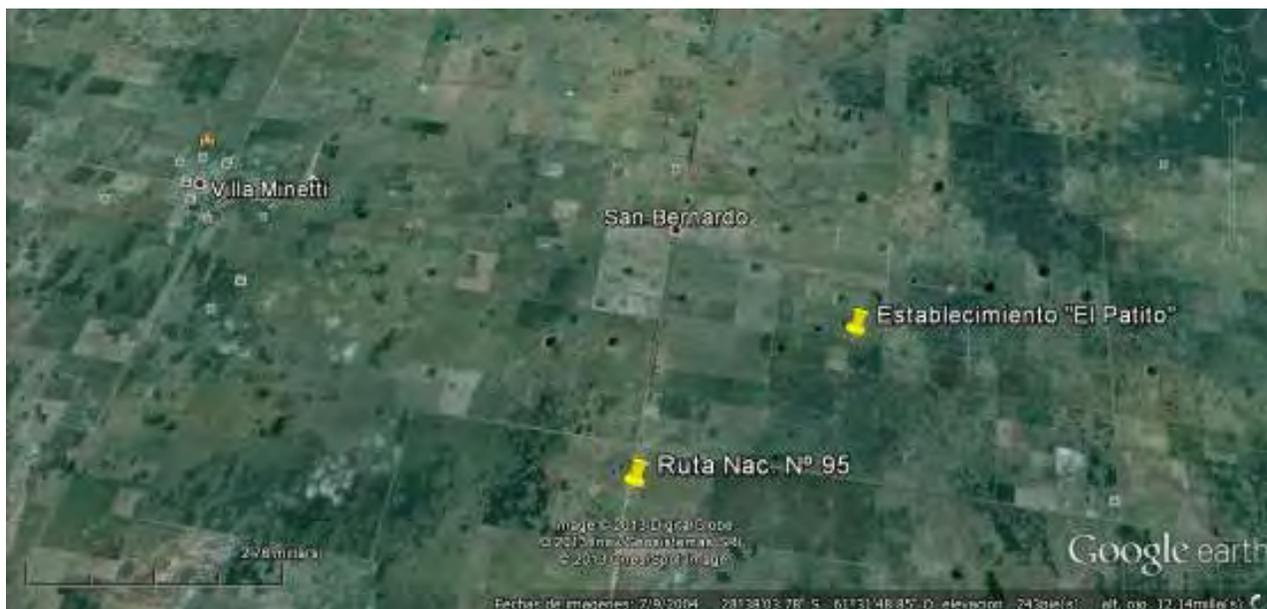
**Objetivo:** Investigación sobre el aprovechamiento sustentable de paleocauces del Río Salado en el noroeste provincial santafesino con fines ganaderos.

En este caso particular un objetivo específico trata sobre el diseño adecuado de perforaciones (filtros, prefiltros, encamisados, diámetros, materiales) para implementarse en paleocauces que poseen en la zona saturada arenas muy finas que ocasionan numerosos problemas en los mecanismos actuales de bombeo de los Productores que abastecen a la hacienda en Villa Minetti/San Bernardo y áreas de influencia.

**Fecha:** 15-16/05/2013

**Participantes:** Ing. Agrón. María Inés Parodi (Jefa AER Tostado), Ing. Agrón. Germán Oprandi (AER Tostado), Ing. Agrón. Fernando Rotela (AER Tostado), Ing. Agrón. Facundo Colombo (AER Tostado), Geól. Rubén Tosolini (EEA Rafaela), Téc. Leonardo Monzón (EEA Reconquista) e Ing. en Rec. Hídr. (M.Sc.) Mario Basán Nickisch (EEA Reconquista).

**Lugar:** Establecimiento "El Patito" de Anibal Rey (Dpto. 9 de Julio, Prov. de Santa Fe).



**Imagen satelital de la ubicación del Establecimiento "El Patito" de Anibal Rey respecto a San Bernardo y Villa Minetti (Dpto. 9 de Julio, Provincia de Santa Fe).**

"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".



## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

### Antecedentes:

Durante la comisión efectuada el 27/06/2012 a campos de productores ganaderos del Dpto. 9 de Julio de la Provincia de Santa Fe, cuyo objetivo fue realizar el “Estudio de Aguadas en campos de Productores de Grupos de Cambio Rural de zonas de Villa Minetti y San Bernardo y propuestas de optimización de las mismas”, se analizaron alternativas de aprovechamiento de las fuentes disponibles, especialmente del agua de lluvia complementada con el agua subterránea.

De manera recurrente, los productores manifestaron el problema de la mala calidad del agua para el abrevado de los animales y de los inconvenientes que esto les ocasiona en los emprendimientos de cría y de tambo.

Prácticamente todos comentaron que tenían dificultades con los mecanismos de bombeo en el aprovechamiento del agua subterránea con perforaciones: molinos trabados, desgaste de turbinas prematuros de las bombas centrífugas, cañerías obturadas. Y todo tenía el mismo origen: las perforaciones realizadas en zona por los perforistas locales adolecían del proceso constructivo convencional de analizar el material del acuífero y, en base a ello, diseñar los filtros y prefiltros para lograr su funcionamiento correcto, especialmente en las zonas de paleocauces (donde generalmente se encuentran los bolsones con agua de mejor calidad) con material arenoso muy fino.

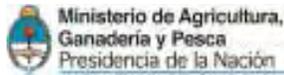
En cualquier perforación los mecanismos de bombeo solo deben extraer agua luego del desarrollo de las mismas, no agua con sedimentos. Si a esto se le suma que el material extraído son arenas, el proceso abrasivo en los mecanismos de bombeo es importante, deteriorando y acortando la vida útil de las bombas de manera considerable.

La propuesta desde el Proyecto Específico AERN 291682: “Manejo Integral del Agua para la Agricultura Familiar y Productores de Áreas de Secano” fue contratar una Empresa Perforadora con la capacidad para realizar las pruebas necesarias con diferentes alternativas técnicas de diseños de filtros y prefiltros para lograr que cuando se bombease agua no salga también material sólido propio del acuífero como está sucediendo ahora, tomando como base de diseño el material extraído del acuífero.

Los Técnicos de la AER Tostado (Ing. Germán Oprandi e Ing. Fernando Rotela) con los Promotores de esos Grupos de Cambio Rural, analizaron la propuesta técnica de investigación del PE AERN 291682 con los Productores Ganaderos, y estos últimos priorizaron que se realice dicha investigación en el paleocauce que atraviesa el Establecimiento “El Patito” de Anibal Rey en San Bernardo.

Esto conllevó a contactar al Perforista Pablo Scarpin de la Empresa “Perforaciones del Norte”, con sobrada experiencia en perforaciones de este tipo y con el equipamiento suficiente

"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".



## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

para afrontar el desafío técnico de lograr un diseño adecuado para contrarrestar el ingreso de arena fina cuando se bombease agua de las perforaciones.

El Ing. Agrón. Luciano Mieres (Manejo de Suelos de la EEA Reconquista) clasificó el material del acuífero según el tamaño de las partículas. Con esos datos entre el Ing. en Rec. Hídr. Luciano Sánchez (EEA Reconquista), el Perforista Pablo Scarpín y quien suscribe se consensuó en realizar como primera medida perforaciones de prueba utilizando filtros con ranuras de 0,75 mm de espesor con diámetros de 75 y 115 mm y prefiltros con grava del Tipo 1-2 con 160 y 300 mm de diámetro de empaquetamientos, bajo normas constructivas convencionales. Si eso no diese resultado se probaría con un filtro de malla y material de prefiltro de menor tamaño, pero esto conllevaría mayores costos constructivos.

El objetivo de esta investigación ha tenido 3 consignas importantes: a) que los mecanismos de bombeo solo extrajesen agua, b) que el proceso constructivo tuviese el menor costo para los productores, de manera tal que para la escala de Productores de la Agricultura Familiar fuese fácilmente amortizable y c) que los perforistas locales se capacitasen adecuadamente para poder realizar perforaciones que funcionen correctamente.

Lo expresado anteriormente se puede visualizar en el Informe Técnico realizado en su momento en la dirección de Internet: <http://inta.gov.ar/documentos/evaluacion-de-sistemas-de-agua-para-diversos-fines/> (más específicamente entre las Pág. N° 22 y 30).

Además, Personal Técnico del Ministerio de Aguas, Servicios Públicos y Medio Ambiente de la Provincia de Santa Fe (Ulises Bonfiglio) realizó en octubre de 2012 un Estudio de Prospección Geoeléctrica en el Establecimiento, exactamente en el paleocauce elegido para la investigación, brindando un dato importante: hasta donde se debía perforar para garantizar agua con suficiente calidad para Ganadería, el cual permite afirmar que no se debe sobrepasar los 10 m de profundidad (según se puede apreciar en la Tabla siguiente obtenida de dicho estudio), ya que superando esa profundidad la resistividad aparente del suelo indica la presencia de aguas con tenores salinos elevados y/o la presencia de material fino con muy baja permeabilidad para el aprovechamiento con perforaciones (ver Gráfico del S.E.V. 01 en Pág. N° 4).

| N° Capa | Espesor [m] | Profund. [m] | $\rho$ Verd. [ $\Omega$ .m] |
|---------|-------------|--------------|-----------------------------|
| 1       | 3.24        | 3.24         | 12.2                        |
| 2       | 6.81        | 10.1         | 4.15                        |
| 3       |             |              | 1.98                        |

| Referencias |                |
|-------------|----------------|
|             | $\rho$ Campo   |
|             | $\rho$ Teórico |
|             | Corte          |
|             | Eléctrico      |

"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".



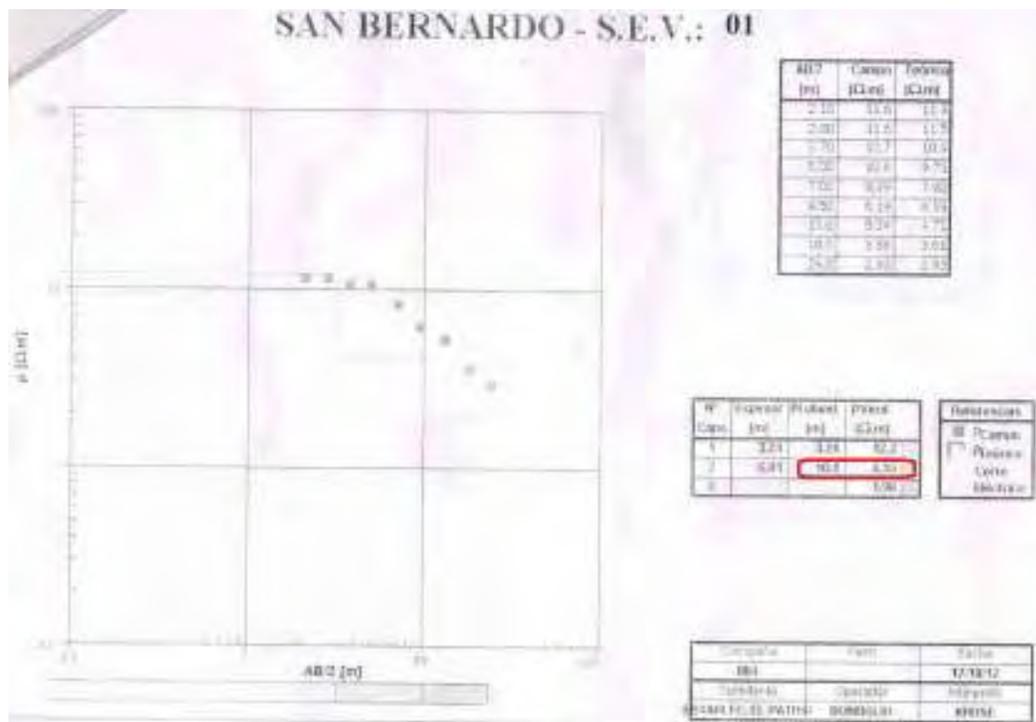
Ministerio de Agricultura,  
Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación

## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

Esto forma parte de los Estudios de los Técnicos Especialistas Provinciales en la Región como respuesta a las gestiones de las Organizaciones de Productores Ganaderos de zona.

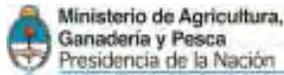
En este caso particular, la articulación fue excelente pues nos brindó la seguridad de no incursionar a mayor profundidad pretendiendo lograr mayor caudal, algo muy común en la región cuando no se dispone de esta herramienta, donde tanto los pozos calzados como las perforaciones, al hacerse demasiado profundos (por no contar con estudios de Sondeos Eléctricos Verticales (S.E.V.)), dejan de ser útiles para el uso que se pretende debido al exceso de sales.

En síntesis, en base a la imagen satelital (Google Earth) que permitió identificar el paleocauce en el Establecimiento, al estudio de Prospección Geoeléctrica que nos indicó la profundidad máxima de exploración y al análisis consensuado entre el Productor, el Perforista y el Grupo de Técnicos de Investigación y Extensión del INTA, se elaboró el diseño de las perforaciones de prueba en un lugar específico del paleocauce. Se aclara que allí mismo se había construido anteriormente una represa, permitiendo esta última inducir a la recarga del paleocauce con el agua de lluvia almacenada, logrando maximizar el bolsón de agua dulce aprovechable de manera sustentable.



**Estudio de Prospección Geoeléctrica llevado a cabo en el paleocauce del Establecimiento “El Patito” por parte de Personal Técnico del Ministerio de Aguas, Servicios Públicos y Medio Ambiente de la Provincia de Santa Fe.**

"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".

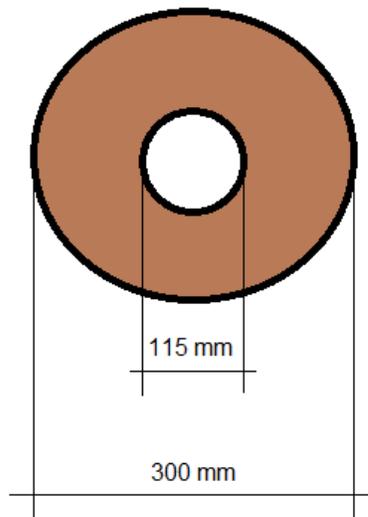


## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

### Desarrollo de las actividades durante el día 15/05/2013:

El diseño previsto para la construcción de la primera perforación fue utilizar un filtro artesanal construido con caños PVC K10 de 115 mm de diámetro, con ranuras horizontales de 0,75 mm de espesor.

El prefiltro elegido fue de grava Tipo 1-2, con un diámetro de empaquetamiento de 300 mm, previendo en un principio el engravado de todo el largo del filtro que se adoptase, más un metro, por seguridad.



### **Vista en Planta de la superficie del prefiltro adoptada para la 1era. Perforación de investigación, clave para lograr el objetivo prefijado.**

La profundidad máxima a incursionar sería de 10 m, pudiendo ser menos si se comprobase que lo que provocaba la disminución de la resistividad aparente del S.E.V. fuese material fino (no arena).

El Perforista Scarpín fue elegido en base a su trayectoria dentro de INTA y por su sistema de trabajo: en el sector de suelo sin arena utiliza el sistema rotativo de perforación sin usar bentonita ni ningún otro material, solo inyección de agua cuando se precisa. Luego, cuando se encuentra con material arenoso pasa a utilizar el sistema de percusión encamisando todo el sector perforado. Con esto se logra no disturbar el paquete de la arena de manera tal que el desarrollo posterior de la perforación no necesita el lavado de la bentonita, solo el reacomodamiento necesario de la zona del prefiltro producto del bombeo (desarrollo) que se realiza para extraer los materiales que quedasen durante la construcción, logrando en poco tiempo el desarrollo del 100% de la misma (unos pocos minutos).

"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".



Ministerio de Agricultura,  
Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación

## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

---

**08:00 hs:** Comenzaron las maniobras del camión perforador en el lugar planificado: en uno de los taludes de la represa construida en el paleocauce.



**Lugar elegido para efectuar la primera perforación de prueba en el talud del lado Sur de la represa que se utiliza para inducir a la recarga del paleocauce con agua de lluvia.**



**Camión perforador en el sector elegido para efectuar la primera perforación de pruebas seguido atentamente por uno de los perforistas locales invitados, el Sr. Luis Rosales.**

"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".



Ministerio de Agricultura,  
Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación

## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

---

Las coordenadas de esta 1era perforación de investigación son las siguientes:

Latitud: 28°39'18.85"S  
Longitud: 61°29'11.76"O  
a.s.n.m.: 73,8 m

**09:00 hs:** A los 4,00 m de profundidad se identificó una capa más dura que la que se venía atravesando. A los 5,00 m comenzó arena fina sin saturación.



**Trépano con arena fina a los 5,00 m de profundidad.**

"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".



Ministerio de Agricultura,  
Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación

## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

---



**Arena muy fina no saturada a partir de los 5,00 m de profundidad, lo cual llevó a cambiar de rotación a encamisar y trabajar por percusión con la sonda.**

A partir de allí se cambió el trépano por uno de mayor diámetro (300 mm), ensanchando la perforación hasta los 5,00 m para comenzar a colocar el encamisado del mismo diámetro y así poder trabajar en el sector de la arena mediante percusión.

"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".



Ministerio de Agricultura,  
Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación

## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

---



**Comienzo del encamisado con 300 mm de diámetro para trabajar por percusión con sonda en el sector de arena.**



**Las maniobras eran seguidas muy atentamente por Germán Oprandi, María Inés Parodi, Leonardo Monzón, Facundo Colombo y Rubén Tosolini a pesar del frío, del viento y de la llovizna, con unos buenos mates amargos bien calientes para atemperar el clima.**

"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".



Ministerio de Agricultura,  
Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación

## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

---

**09:50 hs:** se llegó al final de la arena comenzando a extraer material fino a los 9,30 m.



**Material fino a partir de los 9,30 m (profundidad total de la perforación).**

Esto condice con el estudio de Prospección Geoeléctrica, tomando la decisión de perforar solo hasta ahí.

El largo del filtro adoptado fue de 4,70 m, permitiendo incursionar en todo el manto arenoso detectado, aún en las arenas no saturadas, previendo aprovechar la recarga estacional en su totalidad.



**Filtro artesanal con ranuras horizontales de 0,75 mm de espesor y 4,70 m de largo.**

"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".



Ministerio de Agricultura,  
Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación

## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

---



**Detalle de una de las guías del filtro para quedar bien centrado dentro del encamisado de manera que el paquete del prefiltro sea uniforme en todo el perímetro de la perforación.**



**Comienzo de la colocación del filtro dentro de la perforación.**

"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".



Ministerio de Agricultura,  
Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación

## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

---



**Detalle de las guías para centrar el filtro dentro de la perforación.**

El resto de la perforación se encamisó con cañería de PVC K10 "pocero" de 115 mm de diámetro.

Una vez ubicado el filtro con el encamisado se comenzó a colocar la grava en el sector del mismo.



**Colocación de la grava en el sector del filtro.**

"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".



Ministerio de Agricultura,  
Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación

## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria



**Detalle de la grava utilizada Tipo 1-2.**

En el Laboratorio de la EEA Reconquista el Ing. Sanchez sometió a la grava Tipo 1-2 al tamizado para clasificarla según su tamaño, obteniendo un 82 % de material de diámetro de 1mm, un 17 % de 2 mm, y el resto de material más fino, pasando este último a través del filtro durante el proceso del desarrollo de la perforación.

Esto corrobora la importancia de contar con el mayor porcentaje de este material del tamaño de 1 mm, necesario para conformar un prefiltrado eficiente en este tipo de acuíferos con materiales muy finos.

**13:20 hs:** Posteriormente, una vez colocada la grava, se extrajo el encamisado de 300 mm, culminando de esa manera con la perforación.

Scarpín explicó que esa maniobra debe ser bien controlada, sin que se produzca el levantamiento del caño usado como camisa de 115 mm ni tampoco descuidar la falta del material de engravado a medida que se lo levanta al caño de mayor diámetro. Para esto último es deseable que se controle con un sensor físico (tanza medida con un peso suficiente en el interior del sector del engravado) de manera tal de ir controlando el nivel de la grava a medida que se extrae el encamisado (ver siguiente fotografía).

"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".



Ministerio de Agricultura,  
Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación

## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

---



**Detalle del control de la introducción del material del prefiltro con una tanza y una pesa para que no falte grava a medida que se va extrayendo el caño camisa de 300 mm de diámetro.**

Por pedido del INTA se colocó la grava hasta superficie, previendo en un futuro poder efectuar recarga inducida a través de paquete de grava externa, con el complemento de un filtro de arena necesario en superficie para que no se ensucie la grava.

Hoy día no se considera necesario realizar dicha obra complementaria porque la represa trabaja muy bien receptando el agua de lluvia e inmediatamente infiltrando a través del fondo y taludes el agua hacia el acuífero, descendiendo el nivel unos 70 cm por día, según precisó Anibal Rey.

De disminuir esa capacidad de absorción producto del arrastre de material fino del área de aportes, queda en condiciones de implementarse el sistema de recarga inducida.

Anibal Rey colocó en superficie un sellado con cemento y tierra (suelo cemento) para proteger el paquete de grava, y que éste no se ensucie con el material fino que pudiera ingresar junto con el agua de lluvia.

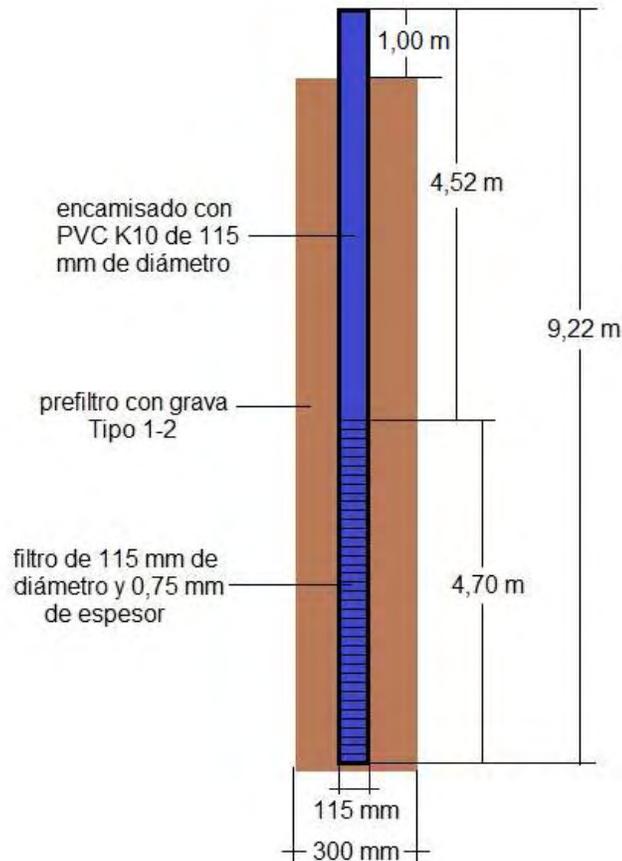
"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".



Ministerio de Agricultura,  
Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación

## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

La perforación quedó implementada de la siguiente manera:



**Diseño final de la 1era. Perforación de investigación.**

Cálculo del volumen de grava necesario para una perforación de este tipo:

1. Cálculo de la superficie del encamisado de la perforación:

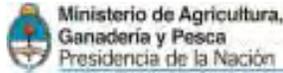
$$\text{Sup}_{115 \text{ mm}} = \pi * (\text{diámetro})^2 / 4 = 3,14 * (0,115)^2 / 4 = 0,01038 \text{ m}^2$$

$$\text{Sup}_{115 \text{ mm}} = 0,01038 \text{ m}^2$$

2. Cálculo de la superficie total del prefiltro sin descontar el encamisado:

$$\text{Sup}_{300 \text{ mm}} = \pi * (\text{diámetro})^2 / 4 = 3,14 * (0,300)^2 / 4 = 0,07065 \text{ m}^2$$

"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".



## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

---

$$\text{Sup}_{300 \text{ mm}} = 0,07065 \text{ m}^2$$

3. Cálculo de la superficie del engravado:

$$\text{Sup}_{\text{engravado}} = \text{Sup}_{300 \text{ mm}} - \text{Sup}_{115 \text{ mm}} = 0,06027 \text{ m}^2$$

Quiere decir que eso es lo que se utiliza por metro de filtro.

4. Cálculo del volumen de engravado para el largo del filtro de 4,70 m:

En este caso para los 4,70 m de filtro, se debe agregar 1 m más por seguridad, quiere decir que se necesita:

$$\text{Volumen}_{\text{grava para el filtro}} = \text{Sup}_{\text{engravado}} * (4,70 \text{ m} + 1,00 \text{ m}) = 0,344 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen}_{\text{grava para el filtro}} = 0,344 \text{ m}^3$$

5. Cálculo del volumen de engravado para todo el encamisado:

$$\text{Volumen}_{\text{grava para todo el encamisado}} = \text{Sup}_{\text{engravado}} * 8,22 \text{ m} = 0,495 \text{ m}^3$$

Quiere decir que para engravar todo el encamisado se necesita aproximadamente  $\frac{1}{2} \text{ m}^3$  de grava.

**16:00 hs:** Después de almorzar, se implementó un bombeador que tiene el sistema de émbolo vertical (con pistón y camisa, como el de un molino) instalado a 3 m de profundidad, que ha permitido desarrollar la perforación de una manera eficiente.

Para ello, previamente se midió el nivel estático, NE = 7,55 m.

"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".



Ministerio de Agricultura,  
Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación

## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

---



**Instalación de la bomba de émbolo vertical para el desarrollo de la Perforación N° 1.**



**Desarrollo y ensayo de bombeo.**

"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".



## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

Se controló el nivel dinámico (ND) desde el inicio del bombeo:

| t<br>(minutos) | ND<br>(m) |
|----------------|-----------|
| 0,00           | 7,55      |
| 1,00           | 7,90      |
| 2,00           | 8,24      |
| 2,75           | 8,40      |
| 3,00           | 8,62      |
| 3,50           | 8,83      |
| 4,00           | 8,87      |
| 4,50           | 8,88      |
| 5,00           | 8,88      |
| 6,00           | 8,88      |

El ND se estabilizó a los 4,5 minutos, con un valor de 8,88 m. Se efectuaron mediciones posteriores a la ½ hora y a la hora siguiente, sin variar ese valor.

Se efectuaron aforos cada ½ hora, arrojando el mismo valor:  $Q_{\text{diseño}} = 685 \text{ l/h}$ .

Se midió la Conductividad Eléctrica,  $CE = 0,39 \text{ mS/cm}$  (se mantuvo constante durante el bombeo), lo cual permite suponer una influencia muy positiva local de la recarga del agua de lluvia de la represa.

A escasos minutos siguientes se pudo apreciar que el diseño del filtro y del prefiltro eran los adecuados en la Perforación N° 1, ya que dejó de salir el material propio del trabajo en la perforación, extrayéndose agua limpia.

Se dejó por una hora más el bombeo sin encontrar ningún elemento que pusiese en duda que el diseño había dado el resultado esperado.

**17:00 hs:** Se analizó junto con el Perforista Scarpín la posibilidad de realizar una 2da. perforación de investigación con un diámetro de filtro menor y con un diámetro de prefiltro de empaquetamiento de 160 mm, teniendo en cuenta el ahorro de materiales y, fundamentalmente, la posibilidad de complementar los sistemas locales de máquinas perforadoras para ese dimensionamiento de prefiltros, con menores complicaciones de adaptaciones y de maniobras.

El diseño previsto para la construcción de la segunda perforación fue utilizar un filtro artesanal construido con caños PVC K10 de 75 mm de diámetro de 2,85 m de longitud, con ranuras horizontales de 0,75 mm de espesor.

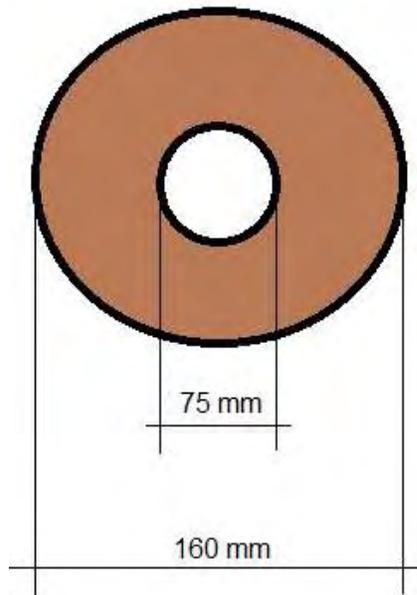
"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".



Ministerio de Agricultura,  
Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación

## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

Se utilizó la misma grava Tipo 1-2, con un empaquetamiento de 160 mm de diámetro, previendo en un principio el engravado de todo el largo del filtro que se adoptase, más un metro por seguridad.



**Vista en Planta de la superficie del prefiltro adoptada para la 2da. Perforación de investigación.**

Al igual que en la anterior, la profundidad máxima a incursionar sería de 10 m.

Previendo un caudal similar, se planificó que se necesitarían como mínimo 3 perforaciones para conformar un sistema "patas de araña" para abastecer el bombeo de un molino con buena velocidad de viento.

De esa manera, se ubicó la 2da. perforación a 12 m hacia el Este, dentro del paleocauce, previendo un posible agrandamiento de la represa actual, para maximizar la recarga del acuífero libre. También se ubicó el lugar para realizar la futura 3era. Perforación (necesaria), a la misma distancia que la anterior, pero hacia el Oeste, dentro del mismo paleocauce.

"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".



Ministerio de Agricultura,  
Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación

## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria



**Imagen satelital con la ubicación de la Perforación N° 2 junto con la N° 1 y la 3era. a realizarse en un futuro inmediato para conformar el sistema “patas de araña”.**

Las coordenadas de esta 2da perforación de investigación son las siguientes:

Latitud: 28°39'18.72"S  
Longitud: 61°29'12.19"O  
a.s.n.m.: 73,8 m

**17:30 hs:** Se iniciaron las primeras maniobras con el camión perforador, utilizando la misma metodología que en la anterior: rotación en el sector de suelos sin arena y percusión con sonda en el tramo con arena.

"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".



Ministerio de Agricultura,  
Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación

## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

---



**Inicio de las primeras maniobras en la 2da. perforación.  
Se puede visualizar la ubicación respecto a la primera.**



**Scarpín, Tosolini y Oprandi analizando el filtro de 75 mm de diámetro a utilizarse con las guías para el centrado y el buje reducción para unirlo con la cañería del encamisado de 115 mm.**

**18:00 hs:** Se decidió seguir con los trabajos en la 2da. perforación al día siguiente.

"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".



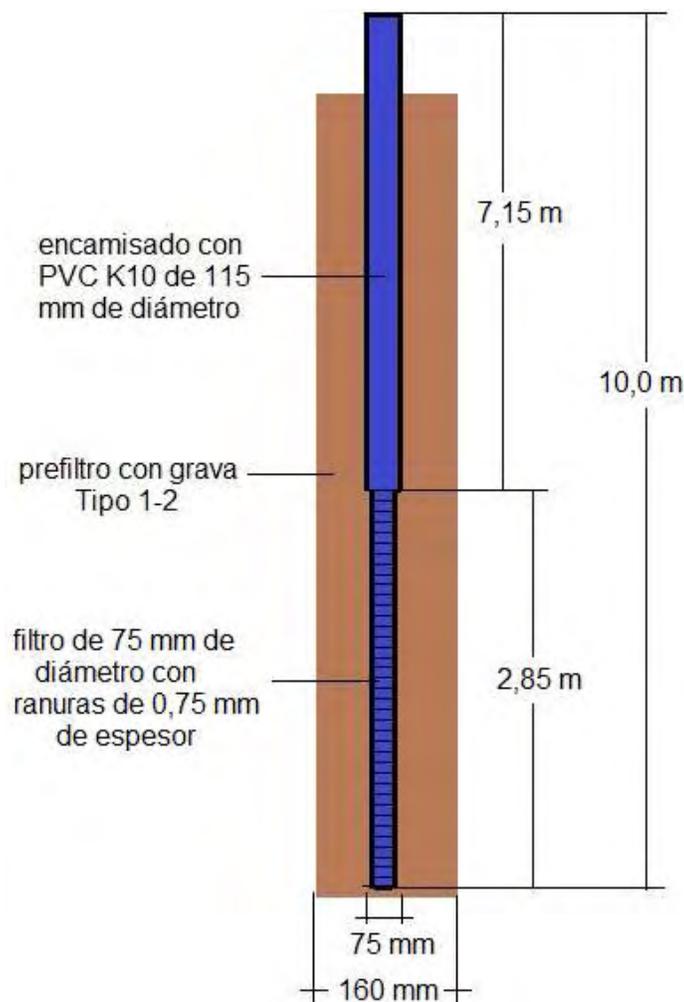
Ministerio de Agricultura,  
Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación

## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

### Desarrollo de las actividades durante el día 16/05/2013:

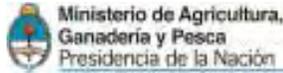
**09:00 hs;** Se reanudaron las actividades de la 2da perforación.

El perfil encontrado coincidió con el de la perforación N° 1, con un techo de un suelo más duro entre los 4,0 y 5,0 m, luego arena muy fina a partir de los 5,0 m hasta los 10,0 m. Esto último fue lo distinto respecto a la Perforación N° 1, que el comienzo del material fino recién se produjo a los 10,0 m, por lo cual se decidió que esa era la profundidad final de perforación, quedando el diseño de la misma de la siguiente manera:



**Diseño definitivo de la perforación N° 2 de investigación.**

"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".



## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

### Cálculo del volumen de grava necesario para una perforación de este tipo:

1. Cálculo de la superficie del encamisado de la perforación:

$$\text{Sup}_{75 \text{ mm}} = \pi * (\text{diámetro})^2 / 4 = 3,14 * (0,075)^2 / 4 = 0,004416 \text{ m}^2$$

$$\text{Sup}_{75 \text{ mm}} = 0,004416 \text{ m}^2$$

2. Cálculo de la superficie total del prefiltro sin descontar el encamisado:

$$\text{Sup}_{160 \text{ mm}} = \pi * (\text{diámetro})^2 / 4 = 3,14 * (0,160)^2 / 4 = 0,020096 \text{ m}^2$$

$$\text{Sup}_{300 \text{ mm}} = 0,020096 \text{ m}^2$$

3. Cálculo de la superficie del engravado:

$$\text{Sup}_{\text{engravado}} = \text{Sup}_{160 \text{ mm}} - \text{Sup}_{75 \text{ mm}} = 0,01568 \text{ m}^2$$

Quiere decir que eso es lo que se utiliza por metro de filtro.

4. Cálculo del volumen de engravado para el largo del filtro de 2,85 m:

En este caso para los 2,85 m de filtro, se debe agregar 1 m más por seguridad, quiere decir que se necesita:

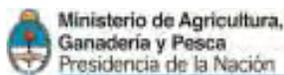
$$\text{Volumen}_{\text{grava para el filtro}} = \text{Sup}_{\text{engravado}} * (2,85 \text{ m} + 1,00 \text{ m}) = 0,060 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen}_{\text{grava para el filtro}} = 0,060 \text{ m}^3$$

Quiere decir que para engravar esta perforación se precisa un volumen mínimo de engravado, a diferencia de la perforación N° 1.

**11:15 hs:** El nivel estático en la perforación N° 2 fue de NE = 7,80 m.

"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".



## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

Desarrollo de la perforación con el mismo sistema de bombeo utilizado en la perforación N° 1:

| t (minutos) | ND (m) |
|-------------|--------|
| 0           | 7,80   |
| 5           | 9,72   |
| 10          | 9,75   |
| 15          | 9,75   |
| 20          | 9,75   |
| 30          | 9,75   |
| 60          | 9,75   |

Se realizaron varios aforos, coincidiendo en el  $Q_{\text{diseño}} = 714 \text{ l/h}$ , con una  $CE = 0,75 \text{ mS/cm}$ .

El valor de la CE denota una excelente calidad química del agua, al igual que el anterior, con déficit de sales para los animales vacunos de cría y tambo.

Lamentablemente se comprobó que pasaba arena fina con el agua bombeada en la Perforación N° 2, por lo que se considera que el paquete de grava implementado de 160 mm no fue suficiente.

De todas maneras, se le solicitó a Anibal Rey que bombease agua durante 2 días más, de manera intermitente (parar, arrancar, parar, arrancar), para evaluar si no se produce una evolución positiva en cuanto a que se vaya anulando el paso de arena a través del reacomodamiento del paquete de grava más la sumatoria de partículas más gruesas propias del acuífero.

Durante esas pruebas de bombeo en la Perforación N° 2 se le ha pedido al Productor que mida el nivel estático del agua en la Perforación N° 1 antes de arrancar con el bombeo, y luego proceda con el mismo. Después de un determinado tiempo, por ejemplo 1 hora, vuelva a medir el nivel del agua en la Perforación N° 1, y también lo haga a las 2 hs de bombeo. Esto es necesario para identificar si hay influencia del bombeo de la Perforación N° 2 en la Perforación N° 1 y viceversa. Con esto podemos empezar a analizar si es suficiente el distanciamiento de 12 m entre las mismas o es necesario un distanciamiento mayor (para eliminar o disminuir la interferencia entre los pozos cuando se bombea simultáneamente).

Algo importante en las perforaciones N° 1 y N° 2: la calidad química del agua es igual en todo su espesor, tanto en el nivel superior como en el fondo (esto normalmente no sucede en la región ya que generalmente a mayor profundidad se produce un aumento de la salinidad, y eso puede hacer que se tome la decisión de encamisar con caños de 200 mm de diámetro en vez de los de 115 mm para poder instalar chupones flotantes). Al tener la misma calidad ha facilitado la colocación del chupón de la bomba muy cerca del fondo, para maximizar el  $Q_{\text{diseño}}$ .

"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".



Ministerio de Agricultura,  
Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación

## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

---

Durante el transcurso de las maniobras se tuvo las visitas de Productores (Vásquez, Toniutti), de Perforistas locales y del Promotor de Cambio Rural, Méd. Vet. Mario Defagot, los cuales consultaron los pasos constructivos, los resultados, y analizaron los costos de las perforaciones realizadas.



**Tosolini midiendo el nivel dinámico de la Perforación N° 2 junto al productor Vásquez.**



**Oprandi explicándole a Defagot el proceso constructivo, especialmente la elección de los filtros y prefiltros usados.**

"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".



Ministerio de Agricultura,  
Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación

## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria



Scarpín, Vásquez y Rey analizando el trabajo realizado y los costos.

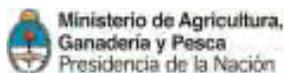
Al ser consultado, Scarpín especificó que la Perforación N° 1 tiene un costo de \$ 4.500.

Defagot asoció el costo de la perforación con el valor de 2 terneros, que eso daba la pauta que era totalmente posible realizar este tipo de obras y que eran amortizables en poco tiempo por parte de los productores.

Otra aspecto importante, y que sirve para comparar, es que los precios deben incluir la mano de obra, los materiales y la garantía de bombear agua sin sedimentos por parte de las Empresas Perforadoras o de los Perforistas (cuando se comprueba, después del desarrollo, que se bombea agua sin sedimentos, recién allí se debiera efectuar el pago de la obra, no antes). Esa debiera ser una premisa a la hora de analizar alternativas, cosa que el Grupo de los Productores junto a sus Promotores y a los Técnicos de la AER Tostado tienen planificado realizar a muy corto plazo, como parte de este proceso que involucra el trabajo de la Extensión y la Investigación del INTA en conjunto, potenciando los resultados finales.

El Téc. Monzón extrajo 3 muestras de agua el día 16/05/2013 para realizarle análisis químicos en el Laboratorio de la EEA Reconquista, que pertenecen a la Perforación N° 1, a la Perforación N° 2 y una 3era. Perforación que tiene el Establecimiento con un molino ya instalado y funcionando. Esta última no posee prefiltro para contrarrestar el ingreso de arena fina y permanentemente necesita mantenimiento y destape de cañerías.

"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".



## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

### Muestras para Laboratorio

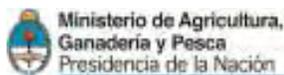
Fecha: 16/05/2013  
 Extrajo: Leonardo Monzón

|                 | Perforación N° 1 | Perforación N° 2 | Perforación existente |
|-----------------|------------------|------------------|-----------------------|
| Latitud         | 28°39'18.85"S    | 28°39'18.72"S    | 28°39'20.60"S         |
| Longitud        | 61°29'11.76"O    | 61°29'12.19"O    | 61°29'0.90"O          |
| a.s.n.m. (m)    | 73,8             | 73,8             | 73,5                  |
| Prof. total (m) | 9,22             | 9,80             | ---                   |
| NE (m)          | 7,53             | 7,60             | ---                   |
| ND (m)          | 8,20             | 9,55             | ---                   |
| CE (mS/cm)      | 0,39             | 0,60             | 2,24                  |
| pH              | 7,52             | 7,26             | 7,74                  |
| Temp (°C)       | 22,2             | 21,5             | 19,1                  |



Imagen satelital con la ubicación de las 3 perforaciones donde se extrajo agua para analizar en el Laboratorio de la EEA Reconquista.

"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".

**Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria**

LABORATORIO INTA-EEA RECONQUISTA

**Análisis químico de agua**

**Dirección:** Ruta Nac. N° 11. Km 773 CP: 3560 - Reconquista - Santa Fe  
**TE:** 03482-420784/424592/420117 interno 115  
**E-mail:** lmonzon@correo.inta.gov.ar

**Propietario:** Anibal Rey **TE:** 03491-15431122 **Ubicación:** San Bernardo  
**Muestra extraída por:** Leonardo Monzón **Procesó:** Leonardo Monzón **Dpto.:** 9 de Julio  
**Fecha de muestreo:** 16/05/13 **Fecha de análisis:** 21/05/13 **Prov.:** Santa Fe

| N° de laboratorio          | Perforación N° 1 investigación | Perforación N° 2 investigación | Perforación Existente |
|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| Identificación original    |                                |                                |                       |
| Uso- Destino               | Consumo animal                 | Consumo animal                 | Consumo animal        |
| Conduc. eléctrica (mS/cm)  | 0,39                           | 0,60                           | 2,24                  |
| pH                         | 7,52                           | 7,26                           | 7,74                  |
| Residuo Seco a 105°C (g/l) | 0,33                           | 0,48                           | 1,50                  |
| Solutos calculados (g/l)   | 0,31                           | 0,44                           | 1,46                  |
| Cof. RS/CE                 | 0,85                           | 0,80                           | 0,67                  |

| CATIONES                         | meq/l | mg/l  | meq/l | mg/l  | meq/l | mg/l  |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Calcio                           | 1,2   | 24,0  | 1,5   | 30,1  | 1,3   | 26,1  |
| Magnesio                         | 1,5   | 18,2  | 1,7   | 20,7  | 1,2   | 14,6  |
| Sodio                            | 1,6   | 36,8  | 2,5   | 57,5  | 18,0  | 414,0 |
| Potasio                          | 0,5   | 19,5  | 0,8   | 31,3  | 0,4   | 15,6  |
| Suma de cationes                 | 4,8   | 98,6  | 6,5   | 139,5 | 20,9  | 470,2 |
| ANIONES                          |       |       |       |       |       |       |
| Cloruros                         | 1,5   | 53,3  | 1,7   | 60,4  | 4,6   | 163,3 |
| Sulfatos                         | 1,4   | 67,2  | 2,9   | 139,3 | 10,5  | 504,0 |
| Carbonatos                       | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,8   | 24,0  |
| Bicarbonatos                     | 1,5   | 91,5  | 1,7   | 100,7 | 4,9   | 298,9 |
| Suma de aniones                  | 4,4   | 212,0 | 6,3   | 300,3 | 20,8  | 990,2 |
| Dureza (mg/l CaCO <sub>3</sub> ) | 135   |       | 160   |       | 125   |       |
| Valor RASajustado                | 2,3   |       | 3,2   |       | 20,0  |       |

**Clasificación multipropósito**

|                       | Ganadería de cría   | Ganadería de tambo  | Consumo humano (*) | Riego de pasturas |
|-----------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
| Perforación N° 1      | deficiente en sales | deficiente en sales | apta condicionada  | apta              |
| Perforación N° 2      | deficiente en sales | deficiente en sales | apta condicionada  | apta              |
| Perforación existente | muy buena           | muy buena           | apta condicionada  | apta              |

(\*) : no se ha efectuado el análisis de Arsénico (As).

En las Perforaciones N° 1 y 2 el agua se clasifica como deficiente en sales para Ganadería de cría y de tambo, es decir, que los animales que consuman esa agua van a necesitar el suplemento de minerales. Son ideales para efectuar mezclas con aguas con otras fuentes de regular a mala calidad.

Para el consumo humano se considera apta condicionada por carecer del análisis de arsénico.

Para riego no hay condicionantes, especialmente si se usa el método localizado para regar pasturas en predios pequeños (debido a la fuente disponible, priorizando el abrevado animal).

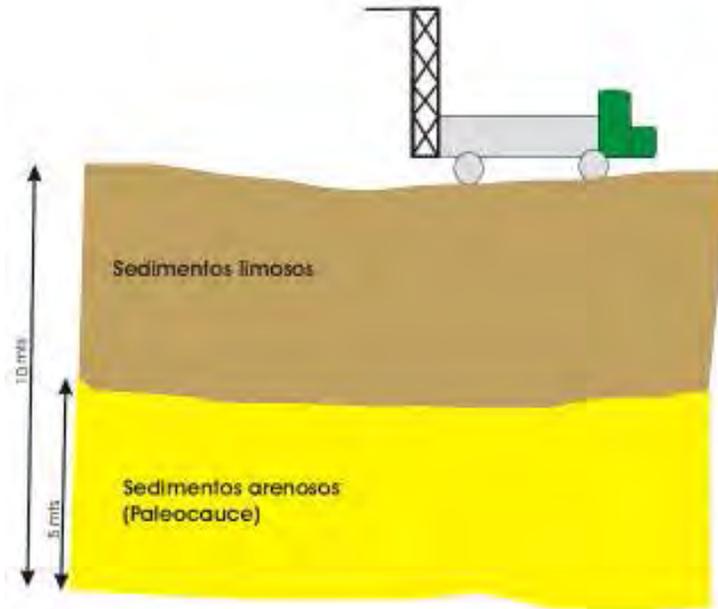
"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".



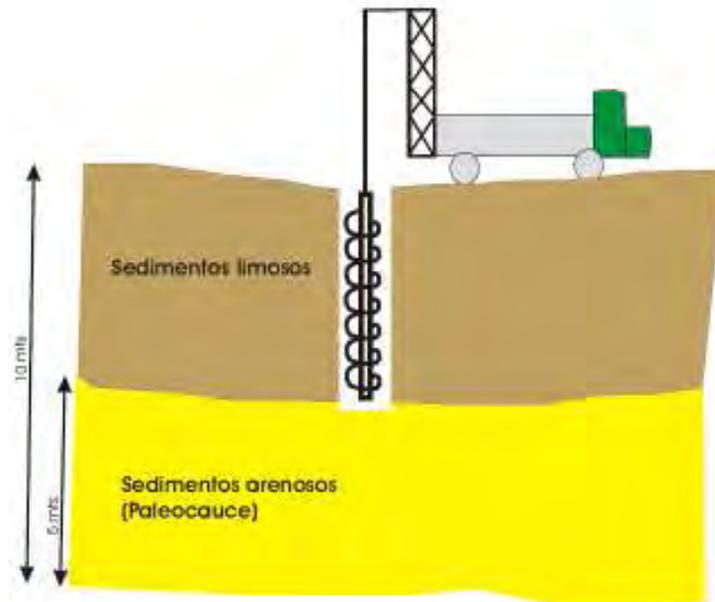
Ministerio de Agricultura,  
Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación

## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

### Secuencia de pasos constructivos con el método empleado:



**Paso N° 1: Aproximación del camión perforador al lugar elegido para realizar la perforación.**



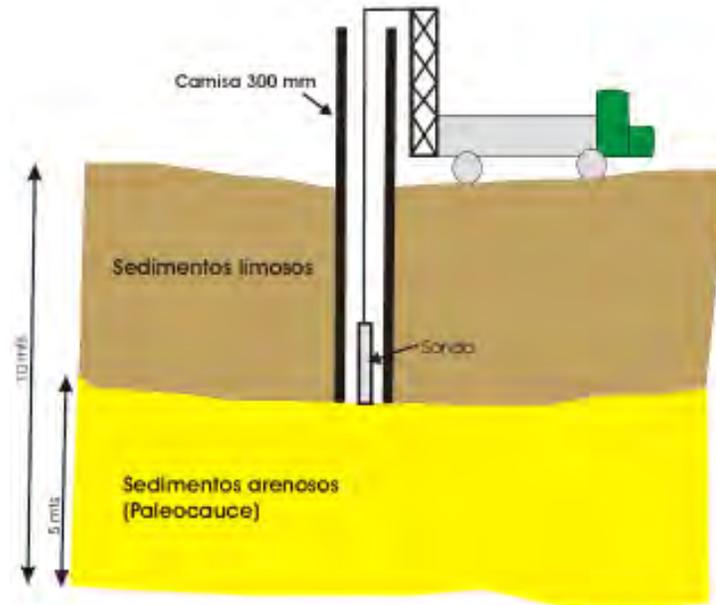
**Paso N° 2: Perforación con el trépano por el método de rotación en todo el espesor sin arena.**

"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".

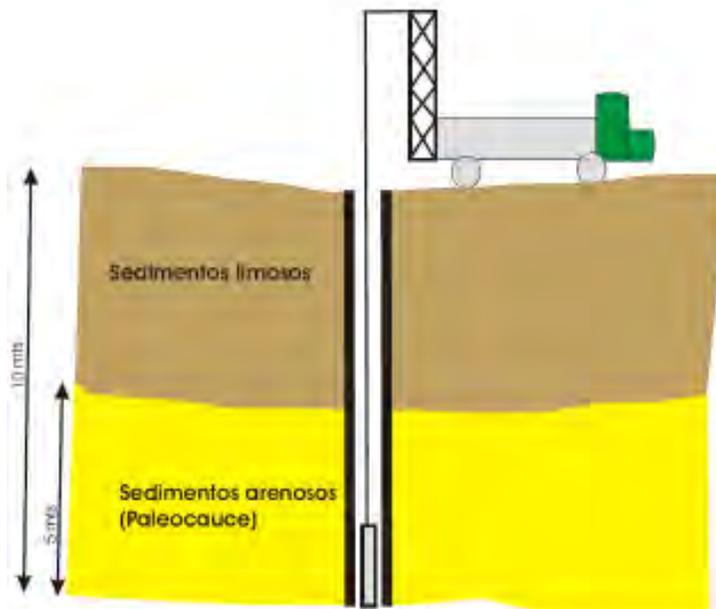


Ministerio de Agricultura,  
Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación

## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria



**Paso N° 3: Encamisado con diám. de 300 mm e inicio de la perf. con sonda en el sector de arenas.**



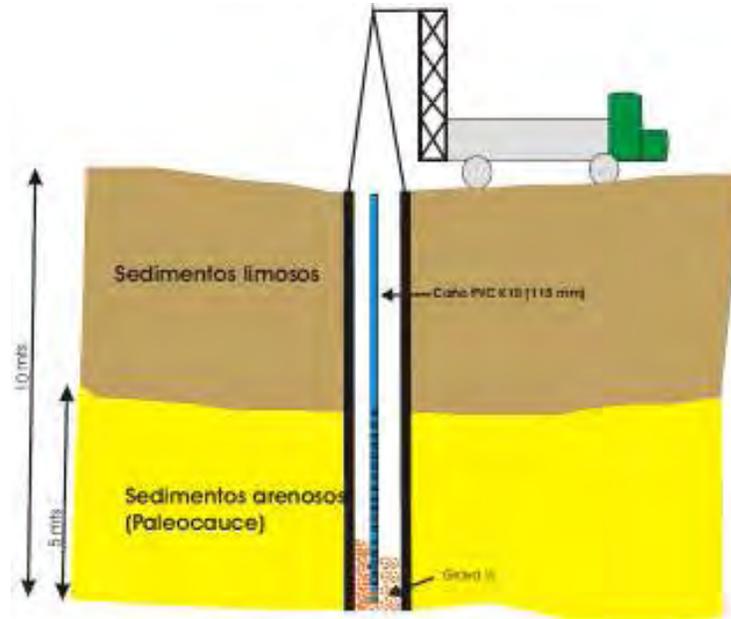
**Paso N° 4: Perforación en el sector de arenas con sonda hasta lo especificado por el S.E.V.**

"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".

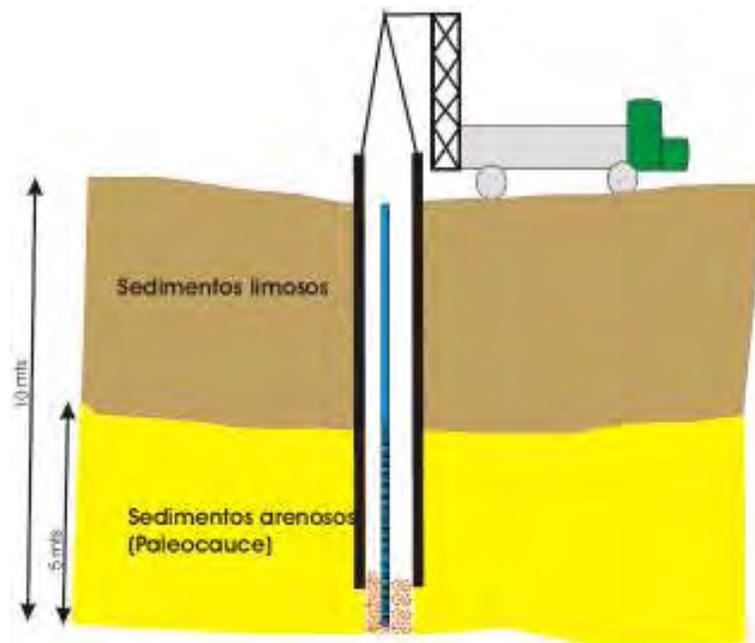


Ministerio de Agricultura,  
Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación

## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria



**Paso N° 5: Comienzo del engravado en el sector del filtro, una vez colocado todo el encamisado de 300 mm, extraído el material y colocado el filtro con el encamisado definitivo de la perforación.**



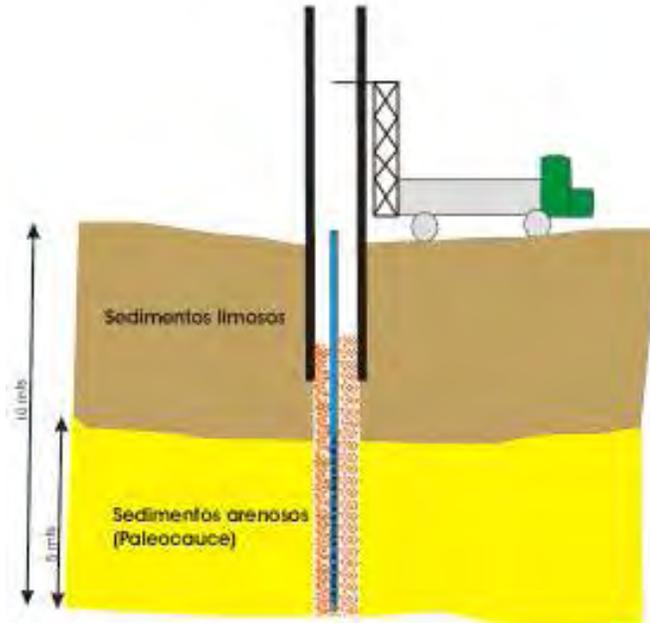
**Paso N° 6: Comienzo de la extracción del caño camisa de 300 mm de diámetro.**

"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".

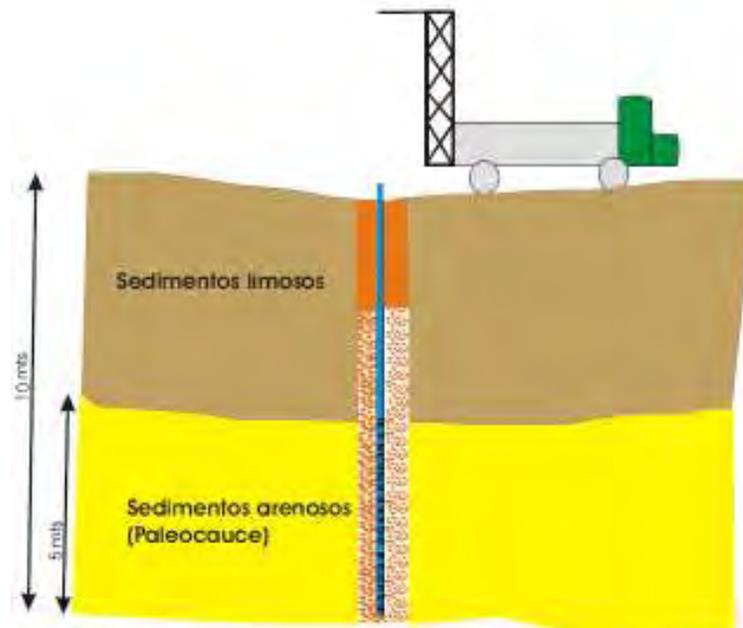


Ministerio de Agricultura,  
Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación

## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

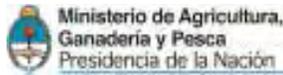


**Paso N° 7: Culminación de la extracción del caño camisa de 300 mm de diámetro en el sector del filtro con el relleno del prefiltro de grava hasta 1 m por encima del filtro.**



**Paso N° 7: Obra terminada, con el filtro, el prefiltro y el material de relleno superior colocado.**

"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".

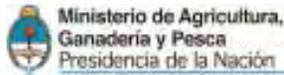


## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

### Conclusiones sobre las investigaciones realizadas:

- Para este tipo de material fino propio de los paleocauces de zona, es recomendable utilizar filtros de PVC K10 de 75 mm de diámetro, artesanales con ranuras de 0,75 mm de espesor como el utilizado en la Perforación N° 2. (Se ha evaluado después de la prueba que no hace falta usar el filtro con diámetro de 115 mm utilizado para la Perforación N° 1).
- El largo del filtro debe ser acorde con el espesor de la arena, con un mínimo de 3 m.
- La grava a utilizarse para el prefiltro debe ser Tipo 1-2, acorde con el tamaño de las partículas del acuífero y de las ranuras del filtro (en Laboratorio se comprobó que la grava utilizada tiene un 82% de material de 1 mm, un 17 % de 2 mm y el resto de material más fino).
- El diámetro del empaquetado del prefiltro que ha funcionado correctamente ha sido el de 300 mm, que al utilizar un diámetro de filtro de 75 mm nos garantiza aún más el no ingreso de arena fina con el agua de bombeo.
- El encamisado del resto de la perforación debe ser como mínimo con cañería de PVC K10 de 115 mm, con opción a 200 mm de diámetro, teniendo en cuenta la variación de calidad del agua con la profundidad (chupones flotantes en las perforaciones para extraer el agua de mejor calidad cuando se detecte variación de la calidad química en profundidad). No es este el caso pues se mantiene la calidad del agua en todo el espesor del acuífero.
- El sistema utilizado para perforar es el ideal (rotación en suelos sin arena + percusión con encamisado en zona de arena y agregado de agua cuando se necesitara) porque no se disturba el manto saturado de arena que se pretende aprovechar. El agregado de agua se realiza en el suelo seco cuando se perfora por rotación para que el material se pueda extraer junto con el trépano, pero más importante es la adición de agua durante el encamisado en la zona de arenas cuando se trabaja con la sonda para que la misma no ascienda.
- Con caudales como los aforados durante el desarrollo de las perforaciones (700 l/h en promedio) es necesario que los molinos tengan 3 a 4 perforaciones como mínimo, para conformar un sistema "patas de araña" con un distanciamiento entre perforaciones de 12 a 18 m, ubicando todas las perforaciones dentro del paleocauce. El hecho de contar con ese número de perforaciones hace que se pueda extraer agua con la menor velocidad posible del sector de filtros, ya que en este caso particular necesariamente los chupones deben ir ubicados lo más abajo posible, para obtener un caudal mínimo necesario para abastecer el molino. Lo cual permite disminuir la disturbación lógica que se produce en el paquete de los prefiltros cuando se succiona en dicha zona.
- Es recomendable en este tipo de aprovechamientos de paleocauces, construir una represa en la zona de las perforaciones, para inducir artificialmente a la recarga del acuífero libre con agua de excelente calidad química (exenta de sales) para maximizar el volumen de agua almacenado en estos bolsones de agua dulce, siempre contemplando que el área de aportes del sector tenga la menor influencia posible de fertilizantes y agroquímicos.
- Cada caso debe estudiarse en particular, donde también es factible recargar al acuífero con diseños apropiados de las perforaciones para que sean doble propósito: inducir artificialmente a la recarga del acuífero y extracción del agua del mismo, ya que esto conlleva una menor inversión que el movimiento de suelos necesarios para la construcción de una represa.

"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".



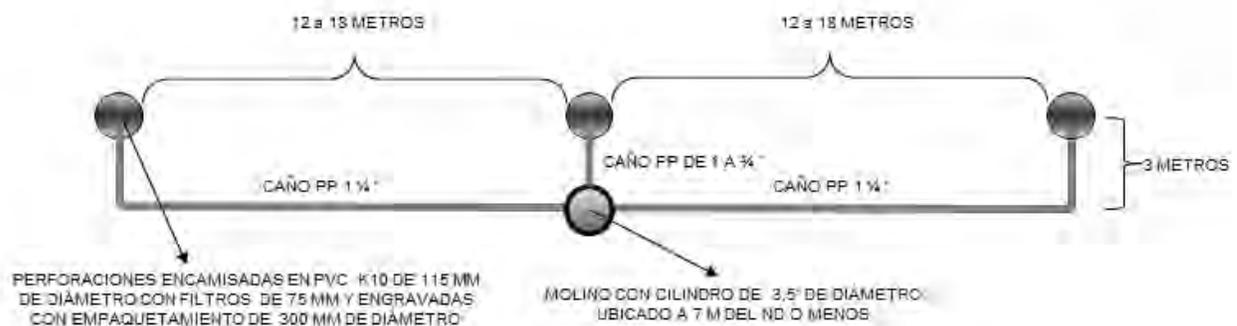
## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

- Los molinos son ideales para este tipo de emprendimientos, pero siempre deben funcionar acordes a la oferta, es decir, nunca deben provocar extracciones en exceso. Por ello, para este caso particular, es altamente deseable que se implemente un sistema “patas de araña” en el paleocauce, controlando que se extraiga lo que el acuífero da y no lo que se pretenda en teoría.

A continuación se presentan 2 diseños recomendados de sistemas “patas de araña” para zonas de paleocauces como el estudiado.

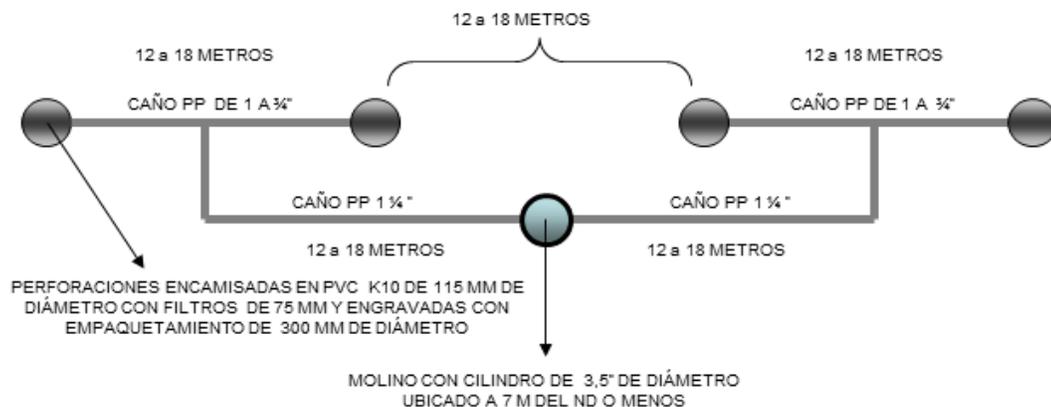
### CROQUIS DE MOLINO CON SISTEMA “PATAS DE ARAÑA” CON 3 PERFORACIONES EN PALEOCAUCES

#### VISTA EN PLANTA

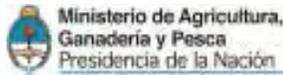


### CROQUIS DE MOLINO CON SISTEMA “PATAS DE ARAÑA” CON 4 PERFORACIONES EN PALEOCAUCES

#### VISTA EN PLANTA



"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".

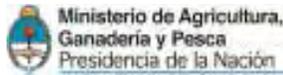


## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

### **Pasos básicos necesarios (PROTOCOLO) para lograr un aprovechamiento óptimo de agua en paleocauces con materiales finos en la zona saturada:**

- 1) Mediante imágenes satelitales (Google Earth) se deben identificar los paleocauces en las zonas de interés que se pretendan aprovechar.
- 2) Corroborar con las personas del lugar y con aparatos de topografía lo identificado con las imágenes satelitales.
- 3) En base a los puntos 1) y 2) realizar estudios de Prospección Geoeléctrica con los Sondeos Eléctricos Verticales (S.E.V.) necesarios para poder evaluar los bolsones de agua dulce posibles de ser aprovechados en base a valores de resistividad aparente mínimos requeridos para Ganadería ( $\rho_{\text{verd.}} = 5$  a 6) con la profundidad máxima posible de ser explorada.
- 4) Realizar perforaciones exploratorias para corroborar los resultados de los S.E.V. e identificar variaciones en el perfil, tomando muestras y realizando análisis granulométricos especialmente en las zonas saturadas o potencialmente posibles de ser recargadas. Esto último va a permitir elegir el diseño (tamaño y largo del filtro y prefiltro necesarios).
- 5) Las perforaciones a realizarse en los paleocauces con materiales finos, como el caso investigado, es recomendable que se hagan con filtros de 75 mm de diámetro y ranuras de 0,75 mm de espesor, con el largo del espesor de las arenas posibles de ser recargadas. El encamisado de las perforaciones debe hacerse con caños PVC K10 de 115 a 200 mm (va a depender de la variación de la calidad química en el espesor del agua de las perforaciones).
- 6) Una vez terminada la construcción de una perforación siempre se le debe hacer el "desarrollo" correspondiente bombeando agua durante varias horas hasta que se considere que funcionan a pleno (con su caudal de diseño y sin que salga material en el agua bombeada, dependiendo del sistema constructivo adoptado, tal como vimos anteriormente). Esto último se logra midiendo el nivel estático (NE) inicial, luego se debe bombear de manera intermitente realizando aforos periódicos controlando el material que se extraiga junto con el agua, realizando las mediciones periódicas del ND, la CE, el pH y la temperatura. Una vez que se considera estabilizado el ND con una calidad química aceptable para la producción que se pretenda, y habiendo corroborado que ya no sale material con el agua bombeada, se vuelve a aforar determinando el caudal, y éste se denomina caudal de diseño.
- 7) Es muy importante estudiar la variación en profundidad de la concentración de sales. Esto último puede llevar a decidir que las perforaciones se encamisen con cañerías de 200 mm de diámetro que permiten instalar chupones flotantes y, de esa manera, extraer el agua con la mejor calidad química posible (de superficie).
- 8) Siempre es conveniente tomar muestras de agua periódicas (una por estación) para realizar los análisis químicos en Laboratorios confiables, evaluando la dinámica de la concentración de sales que sufren en función de las recargas que provocan las lluvias estacionales. Conjuntamente con esa toma de muestras de agua es deseable también

"2013 - AÑO DEL BICENTENARIO DE LA ASAMBLEA GENERAL CONSTITUYENTE DE 1813".



## Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

---

- medir el caudal que se extrae y el ND, valores que sirven para analizar la sustentabilidad del Sistema a largo plazo.
- 9) Siempre se debe analizar la posibilidad de maximizar el agua disponible complementando el aprovechamiento del agua subterránea con el agua de lluvia, ya sea a través de la cosecha y almacenamiento en represas superficiales o diseñando obras para provocar la recarga inducida de los acuíferos.
  - 10) El método de perforación recomendado para estos casos es la Opción A): rotación + percusión con encamisado e inyección de agua sin bentonita en los momentos que se necesite. Si eso no fuese posible se puede utilizar la Opción B): rotación con inyección de bentonita. La misma es necesaria en este caso para poder "sostener" las paredes al perforar la arena con el trépano. Cuando se considera que se llega a la profundidad máxima de perforación, se disminuye la viscosidad de la bentonita, se encamisa, se engrava (prefiltro) y posteriormente se inyecta solo agua desde abajo hacia arriba para lavar los restos de bentonita. Para lograr recuperar las condiciones iniciales del sector de la arena (la permeabilidad de la arena original) se debe inyectar agua a presión ("Jet") en ese sector del filtro y/o efectuar la operación denominada de "pistoneo", para así romper el paquete de bentonita formado en la arena próximo al filtro y prefiltro y obtener el desarrollo eficiente de la perforación. Estas operaciones pueden llevar hasta 2 días mientras que la Opción A) es prácticamente inmediata, con escasos minutos de bombeo.
  - 11) Esta metodología es válida para ambientes similares al estudiado, como por ejemplo, Santiago del Estero, Chaco, Formosa, etc.

**Sistematizaron:** Basán Nickisch, Mario (\*); Tosolini, Rubén (\*\*); Sánchez, Luciano (\*); Parodi, María Inés (\*\*); Oprandi, Germán (\*\*); Rotela, Fernando (\*\*); Colombo, Facundo (\*\*), Monzón, Leonardo (\*)

(\*) INTA-EEA Reconquista, (\*\*) INTA-EEA Rafaela, (\*\*\*) INTA-AER Tostado.