

Ministerio de Industria  
Secretaría de Industria y Comercio



## **INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL**

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y  
PROYECTO DE OBRA

DREN HORIZONTAL TAIQUE

DEPARTAMENTO LOS ANDES  
PROVINCIA DE SALTA



Guillermo Baudino  
Hugo Mery  
Franklin Gómez

## **1. INTRODUCCION**

En el marco del trabajo de extensión del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), Coordinación de Transferencia de Conocimientos de Apropiación Colectiva (CTCAC), se realizó el presente estudio de factibilidad y proyecto de obra para la captación del acuífero libre existente en río Taique, en el paraje homónimo, Departamento Los Andes, Provincia de Salta, Argentina.

Actualmente la localidad de Taique se abastece, en parte, a través de la captación de agua superficial del río Taique, que es conducida mediante una acequia, desde la toma hasta la cisterna, situada a una distancia de 15 m aproximadamente.

El sistema en funcionamiento tiene como principal desventaja la elevada carga de sedimentos que posee el agua superficial, especialmente durante la época de lluvias. Asimismo, el riesgo de contaminación es muy elevado, ya que la conducción a canal abierto es extremadamente vulnerable al ingreso de contaminantes.

Cabe destacar que la realización del estudio ha sido posible en virtud de la cooperación interinstitucional entre la Municipalidad de San Antonio de los Cobres, la Secretaría de Agricultura Familiar y el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).

## **2. OBJETIVOS**

2.1. Evaluar la factibilidad técnico-económica de realizar una obra de captación de los recursos hídricos almacenados en el acuífero libre del río Taique..

2.2. Proponer un Proyecto de Obra, con el fin de solicitar a la Secretaría de Recursos Hídricos el permiso de obra de captación de agua subterránea, de acuerdo a la reglamentación vigente.

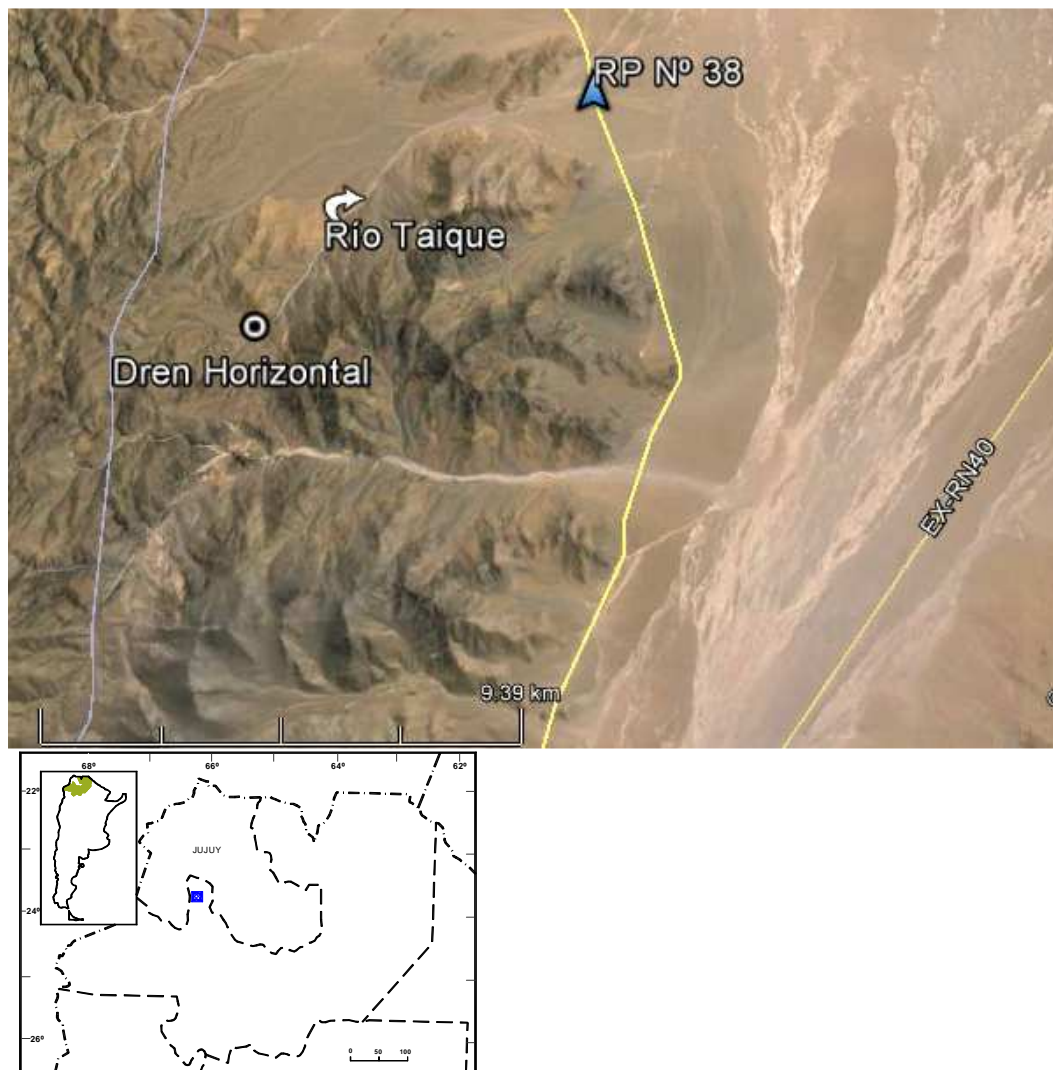
## **3. UBICACIÓN DEL AREA**

La zona de captación se encuentra a 40 m al oeste de la cisterna actualmente en uso en el paraje Taique, Departamento Los Andes, Provincia de Salta, en la margen derecha del río del mismo nombre. Se accede a la zona por la Ruta Provincial N° 38, hasta llegar al curso del río Taique, luego se toma el camino vecinal (por el cauce del río) A 10 km del empalme, se encuentra el paraje Taique, donde está ubicada la cisterna, lugar en que se propone construir la obra de captación.

Las coordenadas geográficas del emplazamiento de la obra propuesta son:

Latitud: 23°53'15,00" Sur

Longitud: 66°19'2,00" Oeste



**Figura 1:** Ubicación del área de estudio.

## 4. METODOLOGÍA

### Recopilación de antecedentes

Se recabaron los antecedentes de climatología, hidrología y geología e hidrogeología de la región, en especial:

Aprovechamiento de los recursos Hídricos y Tecnología de riego en el Altiplano Argentino.  
Héctor Pacífico Paoli, EEA INTA Salta.

### Interpretación de imágenes satelitarias

Se interpretaron las imágenes provistas por el sitio Google-Earth, de acceso libre.

### **Relevamiento geológico-geomorfológico**

Con los antecedentes de geología, geomorfología y geofísica, se realizó una recorrida de campaña, con el fin de reconocer las unidades geológicas y las geoformas relevantes.

### **Prospección geoelectrica**

Se realizaron e interpretaron 4 sondeos eléctricos verticales, con el objeto de estimar la profundidad del basamento hidrogeológico y el espesor de los sedimentos saturados que conforman el acuífero de interés.

La prospección se realizó con un dispositivo tetrapolar Schlumberger, mediante un equipo bicomensador de corriente continua. Se utilizaron electrodos de corriente de acero inoxidable y electrodos de potencial de cobre, inmersos en solución saturada de sulfato de cobre.

Las longitudes de OA usadas variaron entre 80 y 100 metros y las de MN entre 1 y 10 metros.

Las curvas se interpretaron con el programa Ipiwin2.

### **Permeabilidad**

La estimación de la permeabilidad se realizó mediante el análisis granométrico de una muestra proveniente de una profundidad de 0,5 m bajo la superficie del terreno.

### **Caudal de producción – Dimensionamiento de la obra**

Sobre la base de los parámetros investigados, se realizó el dimensionamiento del dren horizontal, utilizando la fórmula de Schneepli, 1966 (Custodio y Llamas, 1996).

### **Cálculo de abertura de filtro y tamaño de prefiltro**

Mediante el análisis granométrico de la muestra de acuífero se realizó el cálculo de la abertura del filtro y tamaño de prefiltro mediante el método de Nold (Custodio y Llamas, 1996).

### **Calidad físico-química para consumo humano**

Para la evaluación de la calidad físico-química del agua se extrajo una muestra del pozo de bombeo, que fue analizada por el Laboratorio de la Secretaría de Recursos Hídricos de la Provincia de Salta.

## **5. RESULTADOS**

### **5.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES**

#### **Fisiografía**

La zona de estudio se encuentra ubicada en el borde este de la Sierra de Cobres en Localidad de San Antonio de los Cobres y al sudoeste de Las Salinas Grandes, a aproximadamente 3.750 m s.n.m., en la quebrada del río Taique. Esta quebrada es transversal a los cordones montañosos principales y posee rumbo oeste-este. El relieve local en la zona en que se propone el emplazamiento de la obra es plano, inclinado hacia este, siguiendo la pendiente regional del cauce del río Taique.

#### **Clima**

La región Puna posee particulares condiciones climáticas que condicionan en gran medida la disponibilidad del recurso hídrico, tanto superficial como subterráneo.

Las precipitaciones se hallan controladas por la orografía, que actúa como una barrera para los vientos húmedos provenientes del océano Atlántico. Los cordones montañosos tienen rumbo norte – sur, e incrementan su altura hacia el oeste. Por ello las precipitaciones disminuyen progresivamente desde el este hacia el oeste.

La región se caracteriza por su clima seco y frío, con grandes variaciones térmicas diarias, que alcanzan temperaturas mínimas absolutas de hasta  $-20^{\circ}\text{C}$ . Las lluvias se concentran en los meses de verano, con un promedio que varía según el sector entre 100 y 300 mm. Esta sequedad ambiental es acentuada por una fuerte irradiación solar.

#### **Hidrología**

El río Taique, forma parte de la subcuenca del río San Antonio, el cual desemboca en la cuenca de Salinas Grandes. Posee una cuenca de 250 km<sup>2</sup> aproximadamente y un régimen mixto pluvial-nival, lo que asegura un caudal permanente a lo largo del año, en la zona de estudios, con una medida en los meses de sequía de 300 L/s, de acuerdo a caudales medidos por técnicos del INTI.

#### **Geología**

En las elevaciones montañosas cercanas a la zona de estudio aflora el basamento precámbrico formado por pelitas y grauvacas leptometamorfizadas.

En las depresiones intermontanas se encuentran sedimentos cuaternarios, que pueden diferenciarse en dos unidades: los aglomerados que conforman terrazas y los conos aluviales, y los sedimentos aluviales que recubren los cauces fluviales actuales. Los aglomerados están integrados por bloques y poseen una abundante matriz arcillosa y cierto grado de consolidación.

El relleno moderno de los cauces fluviales está integrado por gravas y aglomerados de bloques subanguloso, con matriz areno-limo-arcillosa, formadas a expensas de los materiales provenientes de las serranías situadas al oeste.

## Geomorfología

El área de estudio está situada en la parte apical del abanico aluvial formado por el río Taique en su ingreso al valle formado por el Río San Antonio. El cauce es entrelazado y sumamente inestable y su recorrido sufre notorias variaciones, sobre todo durante las crecientes estivales.

La pendiente regional supera el 5% hacia el noreste, lo que condiciona una enérgica acción de transporte de los cursos de agua.

La configuración del abanico aluvial del río Taique, en el área de estudio, se ve controlada por los aportes sedimentarios de los pequeños cursos que drenan el extremo sur de la y algunas caída en bloque del extremo norte.

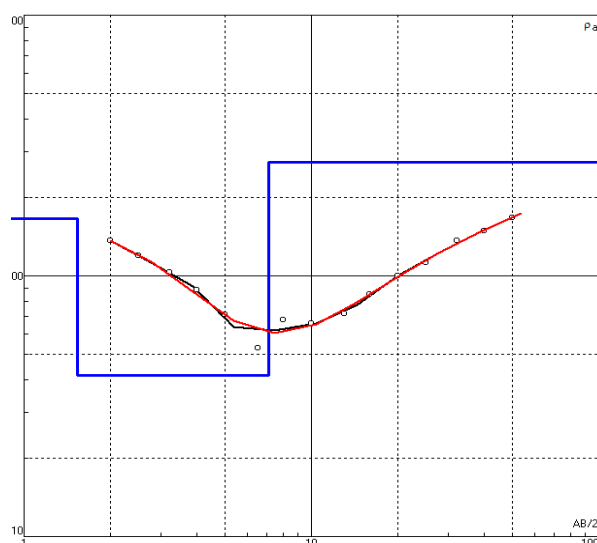
## Geoeléctrica

Los sondeos eléctricos realizados por técnicos del INTI, permiten establecer una secuencia de capas de resistividad, que el emplazamiento de la obra tienen las siguientes características:

Capa resistiva superficial: Consiste en aglomerado de bloques con matriz areno-limo-arcillosa, no saturada, cuya resistividad varía entre 166 y 179 Ohm.m. y espesores de 1,5 a 2,5 m.

Capa de interés hidrogeológico: Está constituida por aglomerado de bloques con matriz areno-limo-arcillosa, saturada, con resistividades entre 29 y 42 Ohm.m. La potencia se interpreta entre 2,6 y 5,4 m.

Basamento hidrogeológico: Por debajo de la capa de interés hidrogeológico se encontrarían pelitas y grauvacas leptometamorfizadas, con resistividades que van desde 270 Ohm.m a 334 Ohm.m.



**Figura 2:** Sondeo Eléctrico Vertical (SEV 2) realizado en el emplazamiento de la obra.



## 5.2. HIDROGEOLOGÍA

Desde el punto de vista regional, la zona de estudio forma parte del Sistema Acuífero Salinas Grandes (Paoli, 2003).

El acuífero libre que se propone captar, está conformado por los sedimentos modernos que rellenan el cauce del río Taique y su recarga está asegurada por el caudal permanente de este curso fluvial. El nivel freático en la locación propuesta para la captación, aflora en superficie y posee una profundidad máxima de 0,68 m. El área de surgencia natural de agua freática se caracteriza por la estabilidad del nivel de saturación. De acuerdo a las observaciones de campaña realizadas en este trabajo, así como a las referencias verbales de informantes calificados locales (Felix Quipildor, 2014), el afloramiento de la freática es permanente y ha se ha mantenido surgiendo en épocas de sequía prolongadas en los últimos años.

La constitución granométrica de este acuífero se caracteriza por la heterogeneidad, ya que se trata de un aglomerado integrado por bloques de pelitas y grauvacas precámbricas de diámetros variables (hasta 20 cm).

La matriz es también muy heterogénea, tanto en su proporción relativa al esqueleto de granos como en su textura, ya que varía de gravas gruesas a arcillas. En los pozos de observación pudo apreciarse esta característica (ver Figura 3), que se traduce en grandes diferencias de permeabilidad.



**Figura 3.:** Excavación de observación y extracción de muestras.

## PERMEABILIDAD

El ensayo granométrico realizado a una muestra de la matriz del sedimento que conforma el acuífero (ver Figura 4) proveniente de una profundidad de 0,80 m bajo la superficie, permite corroborar el valor de permeabilidad, ya que por el método de Breddin esta puede estimarse en un rango de 8 a 43 m/d. teniendo en cuenta que el espesor de la porción del acuífero, que se considera representativa de los parámetros hidráulicos medidos, fue interpretada mediante prospección geoelectrica en aproximadamente 4 m.

Cálculo de la permeabilidad según formula de Hazen:  $K(m/día) = C * (d_e)^2$ .  
 $d_e = 0,18 \text{ mm}$

La constante "C" depende del coeficiente de uniformidad = U

$$U = d_{40} / d_{90} = 0,54 / 0,18 = 3$$

Por lo tanto a la constante "C" le corresponde el valor de 778.

Con estos datos y los observados en la figura 4. La Permeabilidad se estima en 25 m/d.

La transmisibilidad de la zona estudia se puede estimar por medio de los datos obtenido de la permeabilidad: (Mét. Breddin y Formula de Hazen) multiplicada por el espesor (sondeos erétricos verticales).

S/ Método de Breddin:

La Transmisibilidad es :  $T = K * e$

$$T = 8 * 4 = 32 \text{ m}^2/d \quad \text{o} \quad \text{También tenemos } T = 43 * 4 = 172 \text{ m}^2/d.$$

S/ Formula de Hazen:

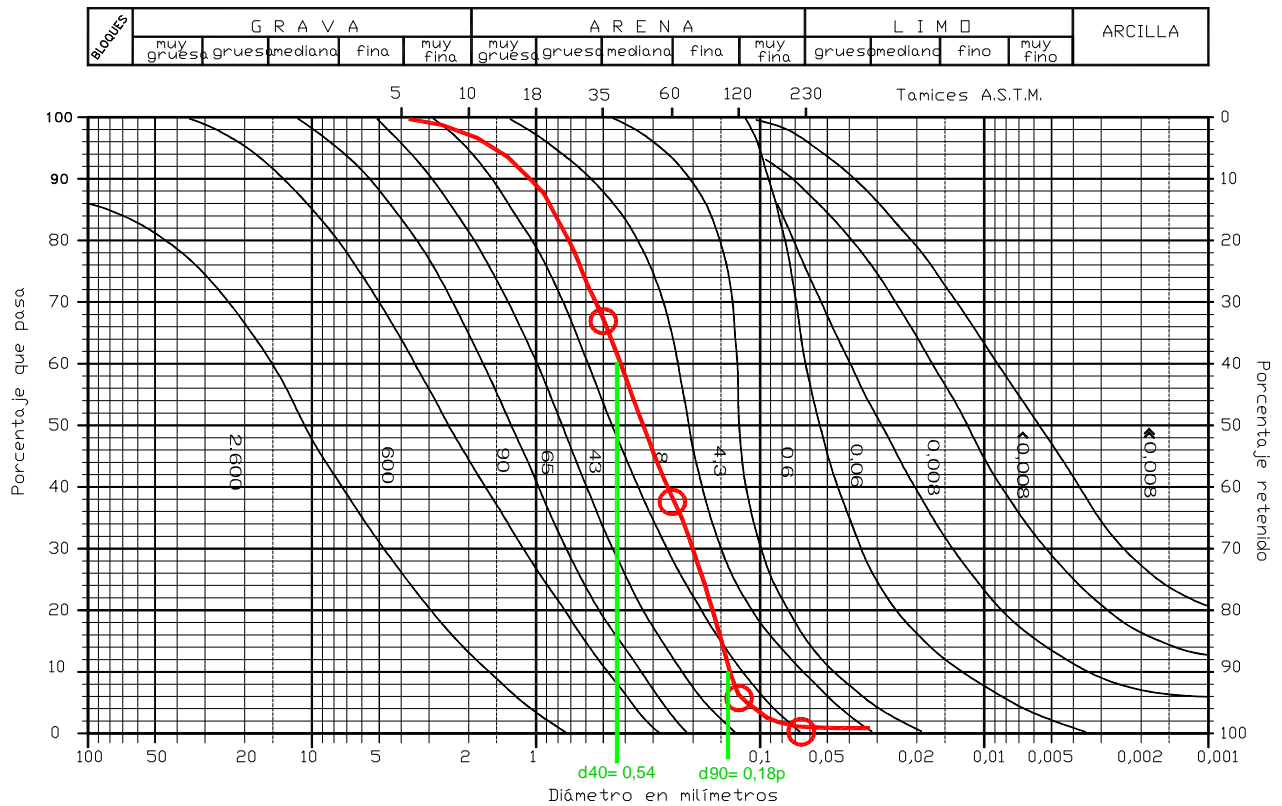
La Transmisibilidad es  $T = K * e$

$$T = 25,2 * 4 = 100,8 \text{ m}^2/d$$



## ESTIMACION DE LA PERMEABILIDAD - METODO DE BREDDIN

mediante ensayos granulométricos (unidades en metros/día)



**Figura 4:** Curva granométrica acumulativa del acuífero libre del río Taique.

## HIDROQUÍMICA

De acuerdo a los resultados analíticos provistos por Laboratorio de la Secretaría de Recursos Hídricos de la Provincia de Salta (Figura 5), el agua posee un muy bajo contenido en sales minerales (253 gr/L) y es apta para el consumo doméstico y agro ganadero, desde el punto de vista físico-químico, ya que los parámetros analizados están todos (salvo el boro con 3,6 mg/l sobre 0,5mg/l) por debajo de los límites máximos establecidos por la normativa vigente en la Provincia de Salta y el Código Alimentario Argentino.

INFORME DE ANALISIS DE AGUA

Solicitud de Análisis N° 52114

Interesado:	Interesado: Dirección Gral. de Planificación Hídrica-Programa Región Hídrica del Chaco Salteño -
Dirección:	Av. Bolivia N° 4650
<b>Datos de la Muestra</b>	<b>Tipo de Muestra</b> Agua de Bebida
Punto de muestreo	Directo vertiente
Localidad	S.A. de los Cobres - Los Andes
Muestreador	Hugo Mery
Fecha de Muestreo:	06/03/2014 Cloro Residual ---

**Análisis Físico - Químico**

**1.- Características Químicas**

Parámetro	Expresado como	Límite max. Tolerable	Resultado	Parámetro	Expresado como	Límite max. Tolerable	Resultado
Sólidos Totales 105°C	-	-	-	Manganeso	mgMn/L	0,10	< 0,05
Sólidos Disueltos 108°C	mg/L	1500	253	Amoníaco	mgNH <sub>4</sub> /L	0,20	< 0,05
Alcalinidad Total	mgCaCO <sub>3</sub> /L	800	59	Nitritos	mgNO <sub>2</sub> /L	0,10	< 0,05
Dureza Total	mgCaCO <sub>3</sub> /L	400	108	Nitratos	mgNO <sub>3</sub> /L	45	1
Calcio	mgCa/L	-	29	Fluoruros	mgF/L	1,7	0,1
Magnesio	mgMg/L	-	8,8	Boro	mgB/L	0,5	3,6
Cloruros	mgCl/L	350	65	Arsénico	mgAs/L	0,05	< 0,03
Sulfatos	mgSO <sub>4</sub> /L	400	66	Sodio	mgNa/L	-	48
Hierro Total	mgFe/L	0,30	< 0,05	Potasio	mgK/L	-	2,5
Fosfatos	mgPO <sub>4</sub> /L	-	-	Aluminio	mgAl/L	0,20	-
Fósforo Total	mgP/L	-	-	Silice	mgSiO <sub>2</sub> /L	-	-

**2.- Características Físicas**

Parámetro	Expresado como	Límite max. Tolerable	Resultado	Observaciones Análisis Físico - Químico
Color	u.c	5	8	<p>Corresponde únicamente a la Muestra Remitida</p> <p>GERARDO ALBERTO GILLESPIE TECNICO QUIMICO SECRETARIA DE RECURSOS HIDRICOS GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE SALTA</p>
pH a 25 °C	-	6,5 - 8,5	6,5	
Turbiedad	U.N.T	3	1,76	
Conductividad	us/cm	-	402	

Resultado Análisis Físico - Químico

Conclusión Final:

Fecha de ingreso al Laboratorio: 14/03/2014  
Fecha de Salida del Laboratorio: 26/03/2014



Fecha: 21/03/2014

Firma: GERARDO ALBERTO GILLESPIE  
ING. QUIMICO - R.P. 2451  
ASESOR PROFESIONAL  
PROGRAMA LABORATORIO AMBIENTAL  
SECRETARIA DE RECURSOS HIDRICOS

Figura 5: Planilla de análisis físico-químico del río Taique.

## **5.4. ANALISIS DE FACTIBILIDAD**

### **Aspectos técnicos**

Desde el punto de vista técnico se considera factible el aprovechamiento del agua subterránea freática del río Taique (Paraje Taique, Municipio de San Antonio de los Cobres) debido a las siguientes características favorables del emplazamiento:

- Profundidad adecuada y estabilidad del nivel freático
- Permeabilidad adecuada del acuífero
- Aptitud del agua para consumo domestico y agro-ganadero

### **Aspectos económicos**

El análisis de los aspectos económicos permite recomendar la construcción de la obra por los siguientes conceptos

- Inversión inicial razonable (ver Proyecto de Obra)
- Costo de mantenimiento reducido: se restringe a los gastos de personal para la operación de la válvula esclusa de purga en forma periódica y eventualmente el lavado por contrabombeo al término de la época de lluvias.
- Costo operativo reducido: la producción es totalmente por gravedad, no requiere bombeo, por lo que solo se requiere cubrir los gastos de personal para la apertura y cierre de la válvula esclusa para regulación del caudal.

De acuerdo a las características generales del área, la actual situación del sistema de provisión de agua para consumo humano, las particularidades hidrogeológicas del emplazamiento, los costos de excavación y de adquisición y emplazamiento de materiales y al análisis de la relación costo/ beneficio, se considera que la construcción de una obra del tipo dren horizontal, para la captación del acuífero libre es altamente beneficiosa para dotar de agua a la cisterna del paraje Taique.

## **6. PROYECTO DE OBRA DE CAPTACION: DREN HORIZONTAL**

### **6.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA OBRA**

El presente proyecto de captación de agua subterránea tiene por objeto el abastecimiento de agua para consumo domestico y agro-ganadero al paraje Taique, Municipio de San Antonio de los Cobres, Departamento Los Andes, mediante la captación del acuífero libre del río Taique.

La obra de captación propuesta es un dren horizontal, que consiste en una cañería filtrante, rodeada de un prefiltro de grava seleccionada, dispuesta 2,4 m por debajo de la superficie freática, con el fin de extraer y conducir por gravedad el agua subterránea del acuífero libre.

Tanto durante la construcción como para la producción de agua, no se requerirá sistema de bombeo, ya que la obra está diseñada para funcionar por gravedad.

El agua producida puede conducirse hasta una cisterna ubicadas río abajo, mediante la construcción de un acueducto de diámetro adecuado.

El diseño de filtros y prefiltro, calculados en base a la granometría del acuífero, permite la producción de agua sin sólidos en suspensión luego de un adecuado procedimiento de limpieza y desarrollo una vez concluida la construcción.



**Figura 6:** Excavación de una zanja para la instalación de filtros y prefiltro en Aguada Las Calas, Vaqueros, Salta. (Baudino, G; Mery, H., 2013)





**Figura 7:** Producción de agua libre de sólidos en suspensión en Vaqueros, Salta (Baudino, G; Mery, H; 2013).

## 6.2. UBICACIÓN

La obra de captación propuesta posee, en su desembocadura, las siguientes coordenadas geográficas:

Latitud: 23°53'14,45" Sur  
 Longitud: 66°19'0,11" Oeste



**Figura 8:** Ubicación de la Obra.



### **6.3. CAUDAL ESTIMADO**

De acuerdo al dimensionamiento consensuado con los técnicos de la Secretaría de Agricultura Familiar, en función de la factibilidad económica de la obra, el caudal de producción promedio estimado es de 900 litros/hora, lo que equivale a 21,6 m<sup>3</sup>/día, previendo la posibilidad de abastecer una población de 12 familias aproximadamente.

### **6.4. LONGITUD**

La longitud propuesta para la obra es de 8 m.

### **6.5. EXCAVACIÓN**

Se propone realizar la excavación, para albergar la cañería filtrante, el prefiltro y la cañería de conducción, de acuerdo al corte transversal de la Figura 9, con un ancho de 4,8 m en superficie.

### **6.6. PROFUNDIDAD**

La cañería filtrante estará fundada a una profundidad de 2,4 m por debajo de la superficie.

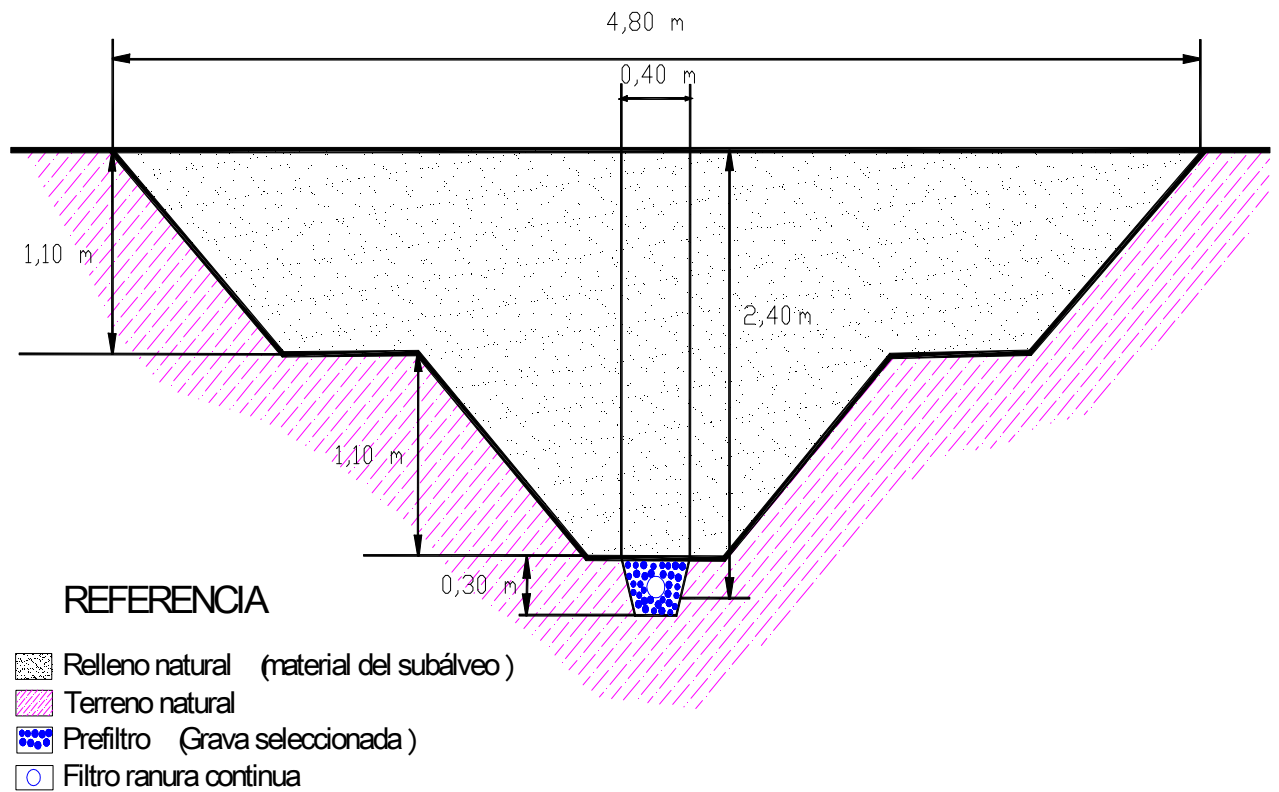
### **6.7. DIÁMETRO DE FILTROS**

En función del caudal de producción estimado, el diámetro más conveniente para los filtros es de 110 mm (4 pulgadas).

### **6.8. LONGITUD DE FILTROS**

Se propone una longitud de 5 m de filtros. Si bien la longitud total del dren debe ser de 8 m para alcanzar la producción requerida, se considera suficiente la cantidad de filtros propuestos, ya que la velocidad de ingreso es aceptablemente inferior al límite crítico, para el caudal de diseño.

## CORTE TRANSVERSAL DREN HORIZONTAL



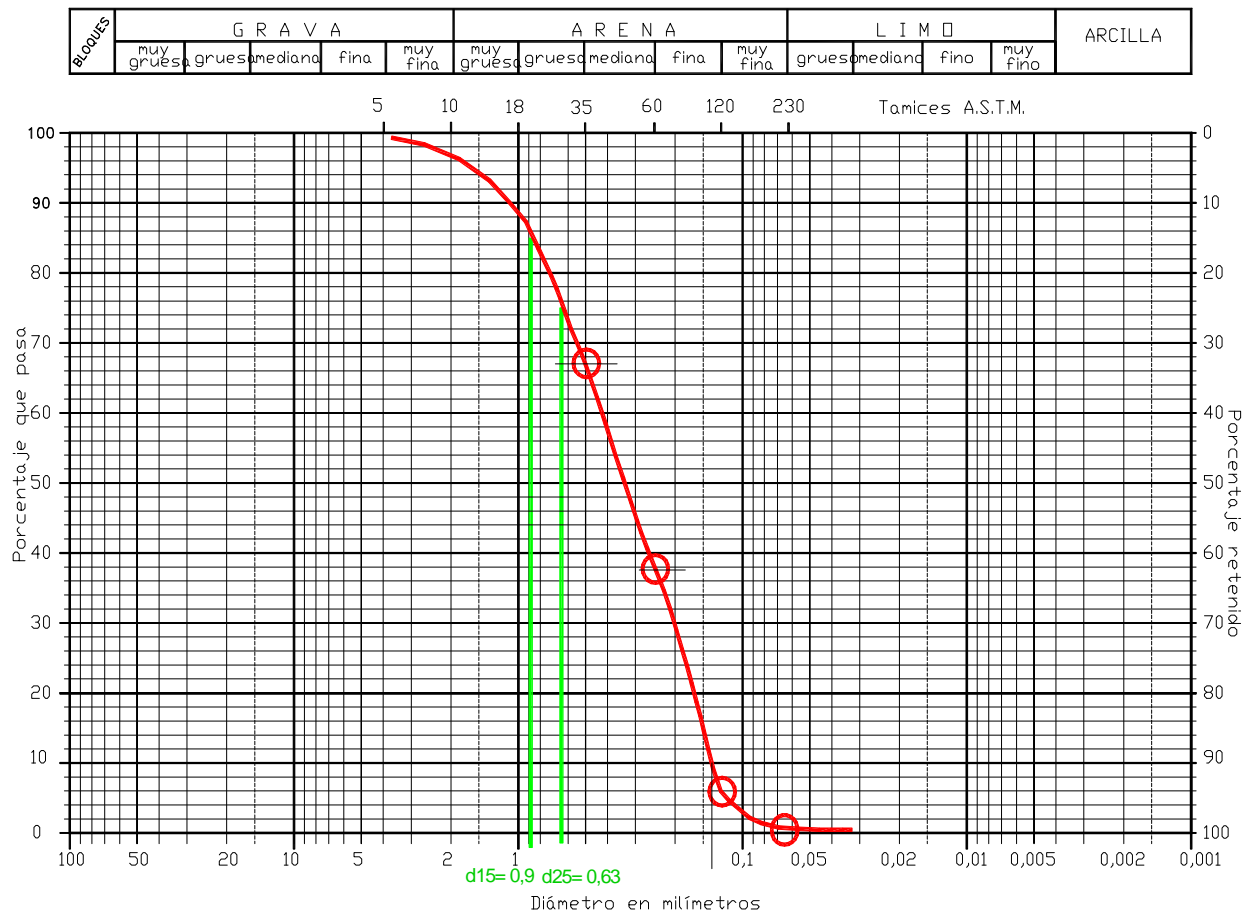
**Figura 9:** Perfil transversal de la excavación y relleno de la obra.

### 6.9. GRANOMETRÍA DE PREFILTRO

El análisis granométrico indica que el 60 % de los granos posee un diámetro menor a 1 (un) milímetro, por lo que se requiere la colocación de un prefiltro de grava seleccionada, a bien permitir la instalación de un filtro de abertura conveniente.

## CALCULO DE FILTRO Y PREFILTRO

(Método de Nold)



**Figura 10.:** Curva granométrica acumulativa, cálculo de filtro y prefiltro

Siguiendo el método de Nold y dado que el coeficiente de uniformidad es igual a 3:

Tamaño máximo:  $d_{15} * 5 = 0,9 \text{ mm} * 5 = \mathbf{4,5 \text{ mm}}$

Tamaño mínimo:  $d_{25} * 4 = 0,63 \text{ mm} * 4 = \mathbf{2,5 \text{ mm}}$

La granometría del prefiltro será de 2,5 a 4,5 mm (con tolerancia de 10%), el material granular deberá ser grava natural limpia, los clastos deben poseer un alto grado de redondeamiento, con menos del 10% de granos planares u oblados, y menos del 5 % de granos calcáreos o terrosos.

### 6.10. ABERTURA Y TIPO DE FILTROS

La instalación del prefiltro de grava seleccionada permite optar por un filtro con aberturas de 2 mm. Para garantizar la producción de agua sin sólidos en suspensión, el filtro deberá ser de ranura continua autolimpiante y preferentemente de acero inoxidable, con el fin de asegurar la vida útil de la obra.

## **6.11. PROTECCION SANITARIA**

La obra requerirá un alambrado perimetral en un radio que abarque por lo menos 20 m alrededor de la captación, con el fin de disminuir el riesgo de ingreso de contaminantes. Asimismo se considera conveniente el dictado de una normativa municipal o provincial para restringir las actividades potencialmente contaminantes en la cuenca del río Taíque, ya que la misma constituye una fuente de aprovisionamiento de agua para consumo doméstico de gran importancia estratégica, tanto por la calidad como por la disponibilidad de caudales en la época de sequía.

## **7. BIBLIOGRAFÍA**

BAUDINO; G (2011) Estudio de Factibilidad y Proyecto de Obra, Dren Horizontal, Vaqueros, Dpto La Caldera, Provincia de Salta.

BAUDINO, G., FUERTES, A., GARCÍA, R.F., MOYA, F. (1998) Captación horizontal en Agua de Oro, Dpto. Colón, Provincia de Córdoba.

CUSTODIO E y LAMAS, M.R. (1996). Hidrología Subterránea. Tomos I y II. Segunda Edición Corregida. Editorial Omega S.A. Barcelona.

MERY, H. (2011). Proyecto de Tesis Profesional Carrera de Geología. Universidad Nacional de Salta.

PAOLI, H (2003) Aprovechamiento de los Recursos Hídricos y Tecnología de Riesgo en el Altiplano Argentino. EEA INTA, Salta

QUIPILDOR, F. (2014). Comunicación verbal.