

0/H.1112
531in

45252

II

Provincia de Formosa

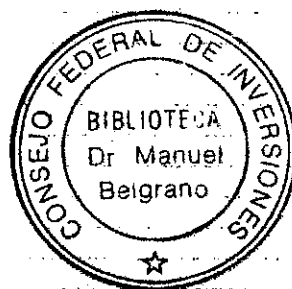
Subsecretaría de Obras y Servicios Públicos

Dirección de Recursos Hídricos

Servicio Provincial de Agua Potable

Consejo Federal de Inversiones

Dirección de Programas



Programa

Desarrollo de Pequeñas Comunidades

TAREA 2 PLAN DE TRABAJO

EXPEDIENTE 3137-III

MEMORIA DE PERFORACIONES

Abril de 1998

AUTORIDADES

Gobernador de la Provincia de Formosa

Dr. Gildo INSERÁN

Subsecretario de Obras y Servicios Públicos

Ing. Fernando DE VIDO

Secretario General Consejo Federal de Inversiones

Ing. Juan José CIÁCERA

Director de Programas Consejo Federal de Inversiones

Ing. Ramiro OTERO

Coordinación General

Director de Recursos Hídricos de la Provincia de Formosa

Ing. Carlos NARDÍN

Gerente Servicio Provincial de Agua Potable de Formosa

Ing. Edgardo BORTOLOZZI

Jefe Área Infraestructura Social Consejo Federal de Inversiones

Lic. Ricardo GONZÁLEZ ARZAC

Autor: Lic. Fernando Stockli

Resumen de los trabajos realizados en el marco del Contrato de Locación de Obra

El presente trabajo corresponde al segundo informe (tarea 2 de los términos contractuales) presentado por el que suscribe, Lic. Fernando Stockli, como **culminación del contrato de locación de obra** oportunamente acordado con el Consejo Federal de Inversiones para desarrollar tareas vinculadas al Programa de Desarrollo de Pequeñas Comunidades en la Provincia de Formosa por un plazo de 6 meses.

La obra ejecutada consistió en la supervisión y diseño de 9 (nueve) pozos de explotación de agua subterránea para el consumo humano y usos derivados en las siguientes localidades:

LOCALIDAD	INFORME Nº	POZOS DE EXPLOTACIÓN
Villa Escolar	1	1
Mojón de Fierro	1	2
Tatané	1	2
Gran Guardia	1	1
Yatay	2	1
Laguna Gallo	2	1
Tres Lagunas	2	1

La Obra total se compone de dos informes; el Nº 1 de diciembre de 1997 y el Nº 2 (el presente) que se desarrolla luego de este resumen. Para cada localidad, además de las tareas de campo que derivaron en la ejecución de los pozos destacados, se presentó un informe individual que contiene los siguientes ítems: Objetivos y resultados - Ubicación de la localidad y del pozo - Sistema de perforación utilizado - Desarrollo de los trabajos - Ensayos hidráulicos - Conclusiones - Anexos con las planillas de descripción litológica, planillas y curvas hidráulicas, protocolos de análisis químicos y fotos relacionadas.

LOCALIDAD

Yatay

INFORME TÉCNICO DE PERFORACIONES
PROGRAMA DESARROLLO DE PEQUEÑAS COMUNIDADES

DENOMINACIÓN: POZO DE EXPLOTACIÓN Nº 2 -YATAY

PROVINCIA: FORMOSA	FECHA TERMINACIÓN: 17/11/97
DEPARTAMENTO: LAISHI	LOCALIDAD: YATAY
EQUIPO ROTARI: E 1-DRH	ORGANISMOS: DRH-SPAP-CFI

1- OBJETIVOS Y RESULTADOS

Los objetivos del presente trabajo fueron la **ejecución de una perforaciones de explotación de 4" de diámetro** para la optimización del servicio de agua potable existente en la localidad y la realización de los **ensayos hidráulicos** respectivos en el acuífero y en el pozo definitivo.

Previo a los trabajos realizados la localidad contaba con un pozo tipo explotación que erogaba un caudal diario suficiente para la demanda de la población. Apparently el problema del servicio está en el **enturbiamiento periódico del agua**, originado por una posible ruptura de filtros del pozo.

Como resultado de la aplicación de sucesivas etapas clásicas para un estudio de fuentes, en la localidad de Yatay se concluyó en una caracterización del estado actual de la fuente de agua subterránea sometida a explotación intensiva desde hace más de 10 años.

Como parte de lo oportunamente acordando se ejecutó un pozo tipo explotación con resultados acordes para cubrir el déficit actual del sistema.

2- ACCESO A LA LOCALIDAD-UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL POZO

Yatay se encuentra en el Departamento Laishi; la localidad más próxima de importancia es San Francisco de Laishi, cabecera del Departamento homónimo, distante a 22 Km al noroeste a través de la Ruta Provincial N° 5. El pozo de explotación ejecutado se ubica en la intersección del cruce entre la Ruta y el camino de acceso a la planta de agua.

3- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE PERFORACIÓN EMPLEADO

El sistema de perforación utilizado fue rotativo con circulación directa de agua o lodo a través de una columna hueca de barras con salida a presión por las boquillas de una herramienta de corte solidaria y reemplazable según el terreno (trépano).

La columna de perforación trabaja en tensión, con movimiento rotativo lento transmitido por una mesa giratoria accionada por un sistema de engranajes conectados al motor del vehículo portante.

El lodo es aspirado de una pileta excavada en el terreno e inyectado a presión mediante la bomba a émbolos para líquidos pesados del equipo en la columna de barras conectadas al conducto de llegada por la cabeza de inyección.

Luego el lodo sale en la base de la herramienta que de este modo se limpia y refrigera y vuelve a subir por el espacio anular producido al perforar, llevando a superficie los recortes de sedimento que finalmente se depositan en la pileta de inyección, dejando el circuito cerrado.

Para permitir un adecuado entubamiento y engravado del pozo de explotación se utilizó en la inyección exclusivamente aditivos biodegradables.

4- DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS TAREAS REALIZADAS

a) Etapas de Perforación:

En el sitio seleccionado en la etapa de relevamiento de fuentes (SEV 4) de agua se ejecutó una perforación piloto de 4" de diámetro hasta los 13 mts de profundidad; la **secuencia sedimentaria simplificada indica el desarrollo en el subsuelo de un acuífero arenoso, de comportamiento hidráulico libre, de unos 11 mts de espesor promedio y base constituida por un paquete arcilloso duro de color gris claro. Hacia el techo del acuífero se encuentra un nivel arcilloso gris azulado de unos 50 cm de espesor;** mayor detalle de los sedimentos atravesados se presentan en la planilla de descripción litológica adjunta.

Los trabajos prosiguieron con el ensanche por reperforación y repasado del diámetro del pozo piloto para llegar al necesario para la maniobra de entubamiento y engravado del espacio anular, aproximadamente 8". Se empleó aditivo biodegradable para la densificación de la inyección (Regress) lo que aseguró una correcta extracción de sedimentos desde el fondo de la perforación hacia la superficie y la formación de un revoque semipermeable transitorio en las paredes arenosas, asegurando así un tiempo prudencial para realizar la maniobra de entubamiento sin riesgos de sufrir desmoronamiento en los sectores más permeables.

b) Etapas de Entubado, Engravado y Cementación:

Como se puede observar en el diseño del Pozo de Explotación adjunto, los filtros se instalaron en el intervalo de acuífero ubicado entre los 6 mts bbp y los 12 mts bajo igual referencia; el filtro utilizado fue tipo Johnson de H G°- 4" de diámetro, de 0,3 mm de abertura y ranuras del tipo continuas. Los tramos de cañería ciega utilizados fueron de igual material y diámetro que los filtros. Posteriormente se completó con grava N° 20 el espacio anular existente entre el pozo y la cañería o filtro hasta los 1,5 mts de profundidad bajo el nivel del terreno, ocupando un total de 10 bolsas. El espacio anular restante hasta llegar a

superficie fue sellado por cementación, previa instalación de packer aislante de arcilla - arena.

c) Etapa de Desarrollo del Pozo de Explotación:

Para asegurar la mejor conexión hidráulica posible entre el pozo de explotación y el acuífero se procedió con su desarrollo mediante ciclos de bombeo a bajos caudales; los objetivos perseguidos en esta etapa fueron limpiar los filtros, acomodar el prefiltro de grava, remover la inyección remanente y extraer los sedimentos finos en los alrededores del pozo.

d) Ensayos Hidráulicos de Pozo y de Acuífero:

Dado que no se contó con la instalación eléctrica necesaria no se pudo utilizar la electrobomba sumergible para ensayar el pozo; por tal motivo se utilizó un motobombeador a varilla y cilindro accionado por motor a explosión tipo Villa, por lo que el único ensayo hidráulico efectuado fue el de bombeo a caudal constante con registro de las recuperaciones residuales en el pozo.

Ensayo a Caudal Constante: para determinar los parámetros hidrogeológicos-hidráulicos del acuífero mediante el registro y análisis de las depresiones y recuperaciones residuales y la evolución química del acuífero; el caudal del ensayo fue de 2.400 l/h durante 180 minutos; el registro de recuperaciones fue de 660 minutos. Los registros de conductividad del agua (con evolución similar al contenido de Sales Totales) se mantuvieron constantes en el orden de los 340 a 370 $\mu\text{S}/\text{cm}$. **Las posteriores determinaciones efectuadas sobre una muestra en el laboratorio del SPAP-Formosa indican que el agua es de buena calidad química, similar a la del pozo de explotación N° 1.**

Respecto a el caudal de explotación se deberá consultar el estudio general de fuentes correspondiente a la localidad en donde se propone un esquema de bombeo para la batería actual de dos pozos (Lic.: Petriella-Informe N° 1-1998).

En el anexo del informe se incluyen planilla de descripción litológica, plano de diseño de pozo de explotación, planillas y curvas de ensayos hidráulicos, y fotos vinculadas al trabajo.

e) Conclusiones:

- En el subsuelo de la localidad de Yatay las tareas de perforación llevaron al alumbramiento de un acuífero arenoso, de comportamiento hidráulico libre a semilibre, **portador de agua de buena calidad química.**
- Desde el punto de vista hidráulico, **el volumen posible de agua a explotar es excesivo** para la demanda actual de la población..
- De explotarse un caudal de 5.000 l/h, la electrobomba sumergible a instalar no deberá colocarse más abajo de los 6 mts bajo boca de pozo. En primera instancia una tira de cañería de impulsión de H° G° o superior de 4,5 mts, más bomba de 4" de 1 a 2 HP (de acuerdo al cálculo de pérdidas por roce a realizar para la distancia y altura a elevar en tanque de la Cooperativa).

ANEXO

- Planilla de descripción litológica
- Plano de diseño de pozo
- Registros y curvas de ensayos hidráulicos
- Fotos Temáticas

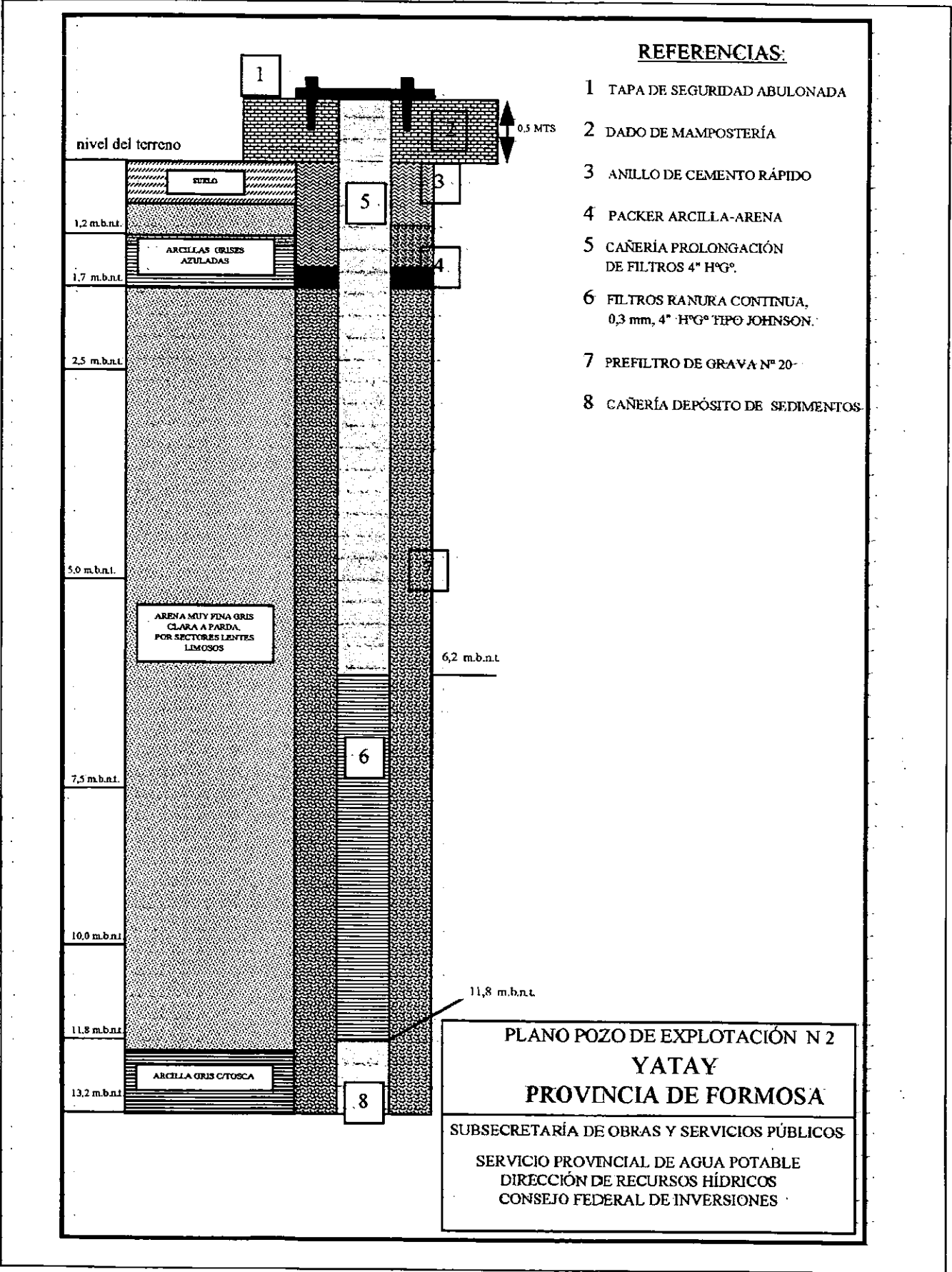
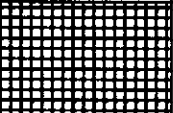
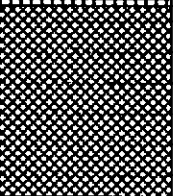

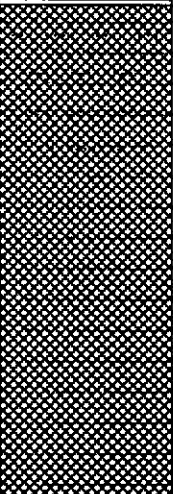
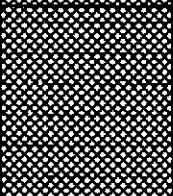



Figura N° 1: Diseño de Entubamiento Pozo de Explotación N° 2 - YATAY

PLANILLA DE CONTROL DE PERFORACIÓN			
PROVINCIA:	FORMOSA	FECHA:	17/11 a 19/11/98
DEPARTAMENTO:	LAISHI	EQUIPO:	DRH-GONZÁLEZ
LOCALIDAD:	YATAY	DENOMINACIÓN:	Pozo Explotación N° 2

Prof. (mts bbp.)	Conductividad eléctrica inyección (μS/cm)	Simbología	Descripción Litológica
0,0 a 0,4			Horizontes de suelo
0,4 a 1,2	126		Arena muy fina limosa, color castaño
1,2 a 1,7	---		Arcilla plástica color gris azulada (suelo enterrado)
1,7 a 9,2	139 140 150		Arena muy fina cuarzosa, color castaño claro; en partes limosa
9,2 a 11,8	144		Arena fina a muy fina, color castaño claro; en partes limosa, con restos carbonáticos
11,8 a 13,2	---		Arcilla plástica color gris claro, muy dura

PLANILLA DE ENSAYO HIDRÁULICO TIPO: CAUDAL CONSTANTE

PROVINCIA:	FORMOSA	FECHA:	18-11-97
DEPARTAMENTO:	LAISHI	EQUIPO:	DRH GONZÁLEZ-STÖCKLI CFI
LOCALIDAD:	YATAY	DENOMINACIÓN:	Pozo Explotación N° 2

Nivel Estático inicial: 3,20 mbbp	Nivel Estático Final: 3,308 mbbp
-----------------------------------	----------------------------------

Tiempo de Bombeo (minutos)	Nivel Dinámico Bombeo (mts bbbp)	Caudal de bombeo (litros/hora)	Caudal característico (litros/hora.mts)	Tiempo de Recuperación (minutos)	Nivel dinámico Recuperación (mts bbbp)
				0	4,020
				1	3,430
				2	3,380
				3	3,370
				4	3,365
				5	3,360
				6	3,355
				8	3,355
				12	3,355
				15	3,345
15	3,40	2.360		20	3,340
				25	3,340
				30	3,340
30	3,80	2.360		40	3,330
45	3,85			50	3,330
				60	3,328
60	3,90	2.360		80	3,326
90	4,00	2.360		120	3,310
120	4,02	2.360		660	3,308

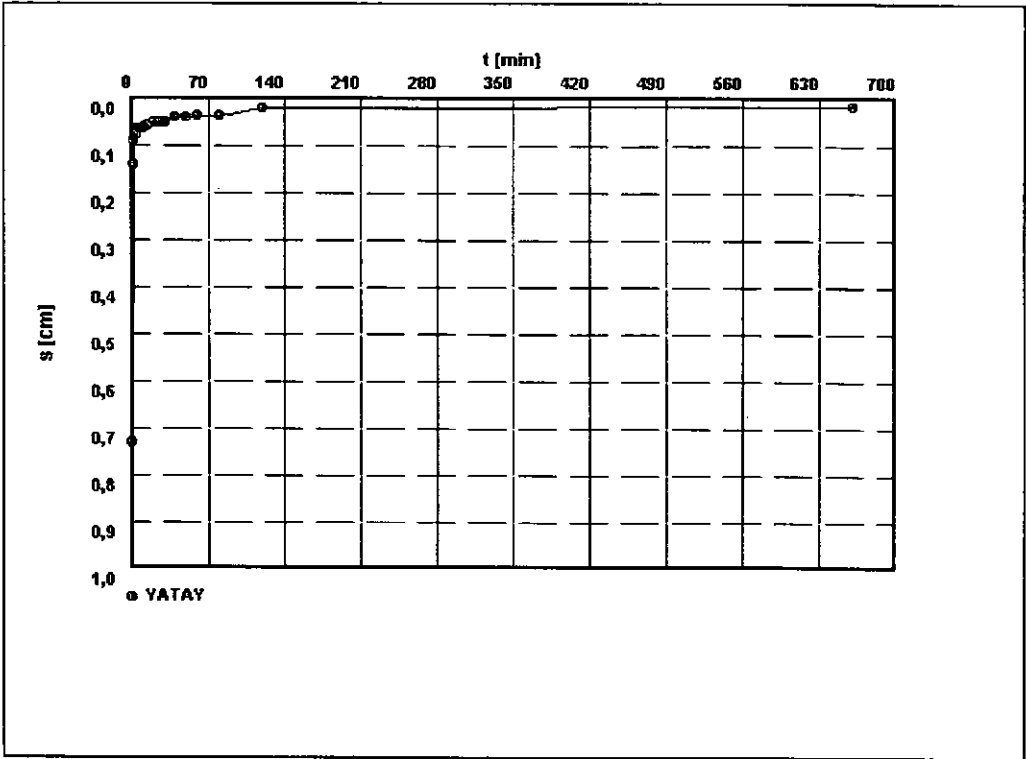


Figura N° 2: GRÁFICO RECUPERACIÓN Vs TIEMPO

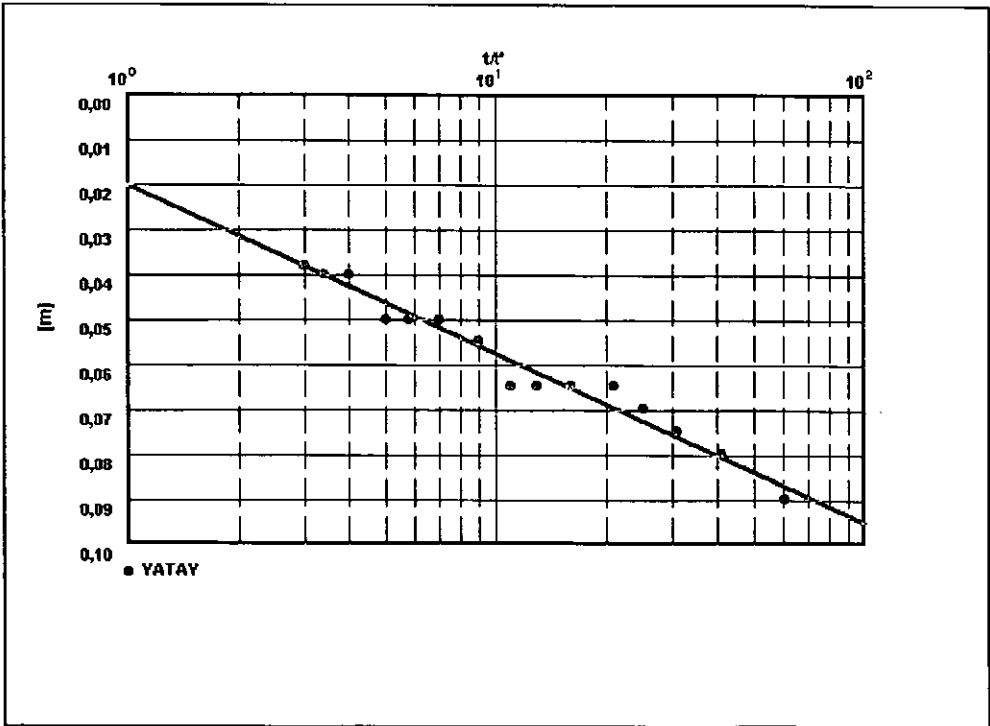


Figura N° 3: MÉTODO RECUPERACIÓN THEIS ADAPTADO PARA ACUÍFERO LIBRE

T: 275 m²/d, K: 32,5 m/d.



YATAY: Pozo de Explotación N° 1. Se observa la presencia sapos en su interior.



YATAY: Pozo de Explotación N° 2 (DRH-SPAP-CFI). Terminación con dado de mampostería y tapa para protección hasta la instalación definitiva.

LOCALIDAD

Laguna Gallo

INFORME TÉCNICO DE PERFORACIONES
PROGRAMA DESARROLLO DE PEQUEÑAS COMUNIDADES

DENOMINACIÓN: POZO DE EXPLOTACIÓN N° 1- LAGUNA GALLO

PROVINCIA: FORMOSA	FECHA TERMINACIÓN: 05/03/98
DEPARTAMENTO: PILAGÁS	LOCALIDAD: LAGUNA GALLO
EQUIPO ROTARI: E 1-DRH	ORGANISMOS: DRH-SPAP-CFI

1- OBJETIVOS Y RESULTADOS

Los objetivos planteados en el trabajo realizado consistieron en:

- a) ejecución de una perforaciones de explotación de 4” de diámetro para dar inicio a un sistema centralizado de provisión de agua potable.
- b) ensayos hidráulicos del acuífero y del pozo. Evolución química al bombeo.

Previo a los trabajos realizados, la localidad no contaba con perforaciones tubulares; el uso del agua subterránea se limitaba a algunos pobladores que tenían pozos excavados.

La elección del sitio a perforar, proporcionada por los responsables técnicos del Programa en la Provincia; se realizó a partir del análisis e integración de la información antecedente, del censo de fuentes de agua efectuado, del relevamiento hidrológico-geomorfológico y de la interpetación de los resultados de la prospección geoelectrica.

Como resultado de la aplicación de sucesivas etapas clásicas para un estudio de fuentes, en la localidad de Laguna Gallo se concluyó en una caracterización del estado actual de la fuente de agua subterránea, hasta el momento no utilizada en forma intensiva; como parte de lo oportunamente acordado se ejecutó un pozo tipo explotación con

resultados acordes a las necesidades normales en una primera etapa del futuro servicio. En la medida que la demanda supere a la oferta de agua se deberá ejecutar un nuevo pozo de explotación.

2- ACCESO A LA LOCALIDAD-UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL POZO

El pozo de explotación ejecutado se encuentra ubicado sobre una de las banquetas del camino vecinal que conduce al puesto policial, a escasos 50 mts de éste, bajo uno de los ramales del tendido eléctrico que posee la localidad.

3- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE PERFORACIÓN EMPLEADO

El sistema de perforación utilizado fue rotativo con circulación directa de agua o lodo a través de una columna hueca de barras con salida a presión por las boquillas de una herramienta de corte solidaria y reemplazable según el terreno (trépano). La columna de perforación trabaja en tensión, con movimiento rotativo lento transmitido por una mesa giratoria accionada por un sistema de engranajes conectados al motor del vehículo portante.

El lodo es aspirado de una pileta excavada en el terreno e inyectado a presión mediante la bomba a émbolos para líquidos pesados del equipo en la columna de barras conectadas al conducto de llegada por la cabeza de inyección. Luego el lodo sale en la base de la herramienta que de este modo se limpia y refrigera y vuelve a subir por el espacio anular producido al perforar, llevando a superficie los recortes de sedimento que finalmente se depositan en la pileta de inyección, dejando el circuito cerrado.

Para permitir un adecuado entubamiento y engravado del pozo de explotación se utilizó en la inyección exclusivamente aditivos biodegradables (Regress).

4- DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS TAREAS REALIZADAS

a) Etapa de Perforación:

En el sitio seleccionado en la etapa de relevamiento de fuentes de agua (entre los SEV 4 y 5) se ejecutó una perforación piloto de 4" de diámetro hasta los 11 mts de profundidad; **la secuencia sedimentaria simplificada indica el desarrollo en el subsuelo de un acuífero arenoso, de comportamiento hidráulico libre a semilibre, de unos 7 mts de espesor promedio y base constituida por un paquete arcilloso plástico y duro color gris claro a verdoso**; el techo del acuífero está compuesto por un nivel arcilloso plástico pardo con lentes de materia orgánica y unos 2 mts de espesor, probablemente responsable del comportamiento hidráulico.

Mayor detalle de los sedimentos atravesados se presentan en la planilla de descripción litológica adjunta en el anexo.

Los trabajos prosiguieron con el ensanche por reperforación y repasado del diámetro del pozo piloto para llegar al necesario para la maniobra de entubamiento y engravado del espacio anular, aproximadamente 8".

Se empleó aditivo biodegradable para la densificación de la inyección (Regress) lo que aseguró una correcta extracción de sedimentos desde el fondo de la perforación hacia la superficie y la formación de un revoque semipermeable transitorio en las paredes arenosas, asegurando así un tiempo prudencial para realizar la maniobra de entubamiento sin riesgos de sufrir desmoronamiento en los sectores más permeables.

b) Etapa de Entubado, Engravado y Cementación:

Como se puede observar en el diseño del Pozo de Explotación adjunto, los filtros se instalaron en el intervalo de acuífero ubicado entre los 2,4 mts bbp y los 8,6 mts bajo igual referencia; el filtro utilizado fue tipo Johnson de H Gº- 4" de diámetro, de 0,3 mm de

abertura y ranuras del tipo continuas. Los tramos de cañería ciega utilizados fueron de igual material y diámetro que los filtros.

Posteriormente se completó con grava N° 20 el espacio anular existente entre el pozo y la cañería o filtro hasta los 1,5 mts de profundidad bajo el nivel del terreno, ocupando un total de 15 bolsas. Para seguridad sanitaria, el espacio anular restante hasta llegar a superficie fue sellado por cementación previa instalación de packer aislante de arcilla - arena.

c) Etapas de Desarrollo del Pozo de Explotación:

Para asegurar la mejor conexión hidráulica posible entre el pozo de explotación y el acuífero se procedió con su desarrollo mediante ciclos de bombeo a bajos caudales; los objetivos perseguidos en esta etapa fueron limpiar los filtros, acomodar el prefiltro de grava, remover la inyección remanente y extraer los sedimentos finos en los alrededores del pozo.

d) Ensayos Hidráulicos de Pozo y de Acuífero:

De acuerdo a los objetivos planteados se dividieron en dos tipos: a caudal variable y caudal constante.

1-Ensayo a Caudal Variable o Escalonado: para determinar el caudal más conveniente para el pozo de explotación y a que profundidad deberá instalarse el equipo de bombeo.

Se efectuaron tres escalones crecientes de 120 minutos de duración cada uno, con los siguientes caudales (Q):

Caudal 1:	1.100 l/h
Caudal 2:	2.050 l/h
Caudal 3:	3.850 l/h

Los caudales característicos (Qc) obtenidos en función de las depresiones generadas fueron los que se detallan a continuación:

Escalón 1	Q: 1.100 l/h	Qc 1/2: 1,0 4 m ³ /h.m
Escalón 2	Q: 2.050 l/h	Qc 1/2: 1,50 m ³ /h.m
Escalón 3	Q: 3.850 l/h	Qc 1/2: 2,07 m ³ /h.m

Nota: desperfectos en el sistema de bombeo impidieron alcanzar valores de caudales superiores a los 4.000 l/h

Del análisis de los resultados obtenidos se puede deducir que: a) existe un aumento progresivo de caudales característicos en los tres escalones del ensayo, b) hasta los 3.850 l/h no se pierde eficiencia hidráulica en el pozo, c) sería posible extraer un caudal superior sin producir una brusca disminución de la eficiencia, d) con tres metros de depresión del nivel estático se podrá extraer un caudal horario de 6.000 l/h aproximadamente, e) dado el escaso espesor de acuífero, será de vital importancia no superar los 5.000 l/h de caudal.

2- Ensayo a Caudal Constante: para determinar los parámetros hidrogeológicos-hidráulicos del acuífero mediante el registro y análisis de las depresiones y recuperaciones residuales, y la evolución química del acuífero ante la explotación intensiva; el caudal del ensayo fue de 3.800 l/h durante 180 minutos.

Es importante señalar que sumando el total de ensayos realizados, con un caudal medio estimado de 2.500 l/h durante 540 minutos (9 horas), los registros de conductividad del agua (con evolución similar al contenido de Sales Totales) se mantuvieron constantes en el orden de los 1.600 a 1.700 µS/cm.

El caudal de explotación a utilizar deberá ser una combinación no sólo de lo que el pozo puede erogar en forma eficiente desde el punto de vista hidráulico, sino que tendrá en cuenta lo que del acuífero se pueda extraer sin producir efectos no deseados. En tal sentido

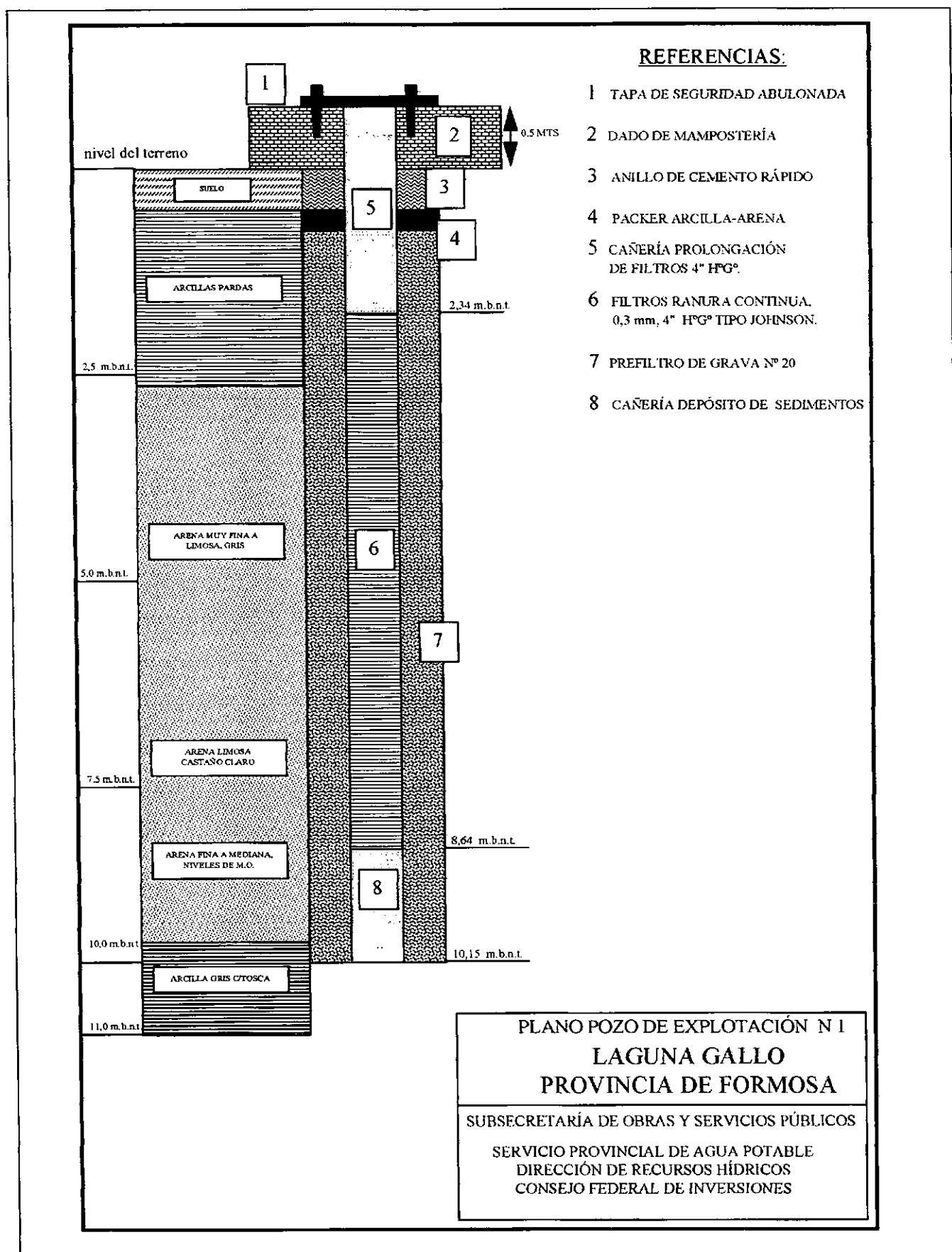
En el anexo del informe se incluyen planilla de descripción litológica, plano de diseño de pozo de explotación, planillas y curvas de ensayos hidráulicos, y fotos vinculadas al trabajo.

e) Conclusiones:

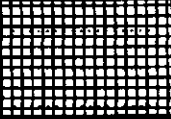

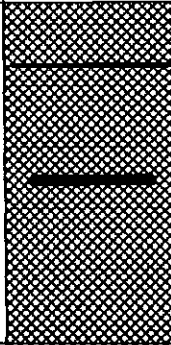
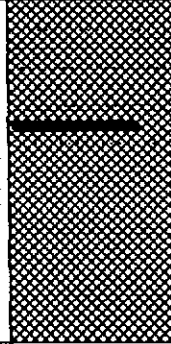

- En el subsuelo de la localidad de Laguna Gallo las tareas de perforación llevaron al alumbramiento de un acuífero arenoso, de comportamiento hidráulico libre a semilibre, portador de agua de buena calidad química con aproximadamente una concentración de **1g/l de Sales Totales** (límite potabilidad 2,8 g/l), de características similares al alumbrado en la localidad vecina de Tres Lagunas. En el anexo se adjunta planilla con el total de determinaciones efectuadas por el laboratorio SPAP Formosa.
- Desde el punto de vista hidráulico, **el volumen posible de agua a explotar es satisfactorio para la demanda de la población. Queda consultar vía informe de estudio integral de fuentes (Lic. Petriella-Informe N° 2-1998) la sostenibilidad en el tiempo de las aparentemente correctas condiciones químicas**; sin embargo la ubicación general del sector a explotar en un meandro del Riacho Monte Lindo estarían potenciando las condiciones de esta localidad frente a las definidas en Tres Lagunas.
- De ser posible, sería conveniente **proteger el sector de riacho aledaño para evitar la entrada de animales o el uso como basurero ocasional por parte de pobladores** que no conozcan su importancia como posible punto de recarga de agua superficial.
- Sea cual fuere el caudal de explotación definitivo, por el escaso espesor de acuífero alumbrado, **no quedará otra alternativa que enfrentar la bomba sumergible al tramo superior de filtros (2,4 a 5,4 mts bbp).**
- De ser posible, sería conveniente ejecutar otro pozo de explotación una vez que el servicio sea puesto en funcionamiento y extraer un caudal total no superior a los **6.000 l/h hasta que la evolución del servicio (1 a 2 años) certifique la calidad del agua explotada.**

ANEXO

- Planilla de descripción litológica
- Plano de diseño de pozo
- Registros y curvas de ensayos hidráulicos
- Fotos Temáticas



PLANILLA DE CONTROL DE PERFORACIÓN			
PROVINCIA:	FORMOSA	FECHA:	02/03 a 05/03/98
DEPARTAMENTO:	PILAGÁS	EQUIPO:	DRH-GONZÁLEZ
LOCALIDAD:	LAGUNA GALLO	DENOMINACIÓN:	Pozo Explotación Nº 1

Prof. (mts bbp.)	Conductividad eléctrica inyección (μS/cm)	Simbología	Descripción Litológica
0,0 a 0,4	130		Horizontes de suelo.
0,4 a 2,7	150		Arcilla plástica parda con lentes de materia orgánica y de arcillas azules.
2,7 a 6,3	290		Arena muy fina a limiosa, color castaño claro, con finos lentes arcillosos.
6,3 a 9,7	290		Arena fina a mediana, color castaño claro, con lentes de materia orgánica y restos calcáreos
9,7 a 11,1	300		Arcilla plástica color gris claro, con tosca muy dura varicolor.

PLANILLA DE ENSAYO HIDRÁULICO TIPO:

CAUDAL VARIABLE

PROVINCIA:

FORMOSA

FECHA:

DEPARTAMENTO:

PILAGÁS

EQUIPO:

DRH GONZÁLEZ-STOCKLI CFI

LOCALIDAD:

LAGUNA GALLO

DENOMINACIÓN:

Pozo Explotación N° 1

Nivel Estático inicial:2,70 mbnt

Nivel Estático Final:-----

Tiempo de Bombeo Individual (minutos)	Nivel Dinámico Bombeo acumulado (mts bbp)	Caudal de bombeo (litros/hora)	Caudal característico (litros/hora.mts)	Observaciones
0	2,70	0	0	
1	3,63	1.100	1.118	
2	3,66	1.100		
3	3,70	1.100		
4	3,73	1.100		
5	3,75	1.100		
6	3,76	1.100		
8	3,78	1.100	1.010	Primer escalón de caudal
10	3,79	1.100		
15	3,79	1.100		
20	3,78	1.100		
30	3,79	1.100		
45	3,80	1.100		
60	-----	1.100		
80	-----	1.100		
120	3,81	1.100	999	
0	3,81	1.100		
1	3,94	2.050	1.653	
2	3,97	2.050		
3	3,99	2.050		
4	4,03	2.050		
5	4,06	2.050		

6	----	2.050		
8	4,08	2.050	1485	Segundo escalón de caudal
10	4,10	2.050		
15	4,10	2.050		
20	4,11	2.050		
30	4,12	2.050		
45	4,14	2.050		
60	----	2.050		
80	----	2.050		
120	4,20	2.050	1366	
0	4,20	3.850		
1	4,32	3.850	2.376	
2	4,39	3.850		
3	4,45	3.850		
4	4,50	3.850		
5	4,54	3.850		
6	4,58	3.850		
8	4,61	3.850	2.015	Tercer escalón de caudal
10	4,65	3.850		
15	4,69	3.850		
20	4,73	3.850		
30	4,75	3.850		
45	4,78	3.850		
60	4,79	3.850		
80	4,80	3.850	1.833	
120	-----	3.850		

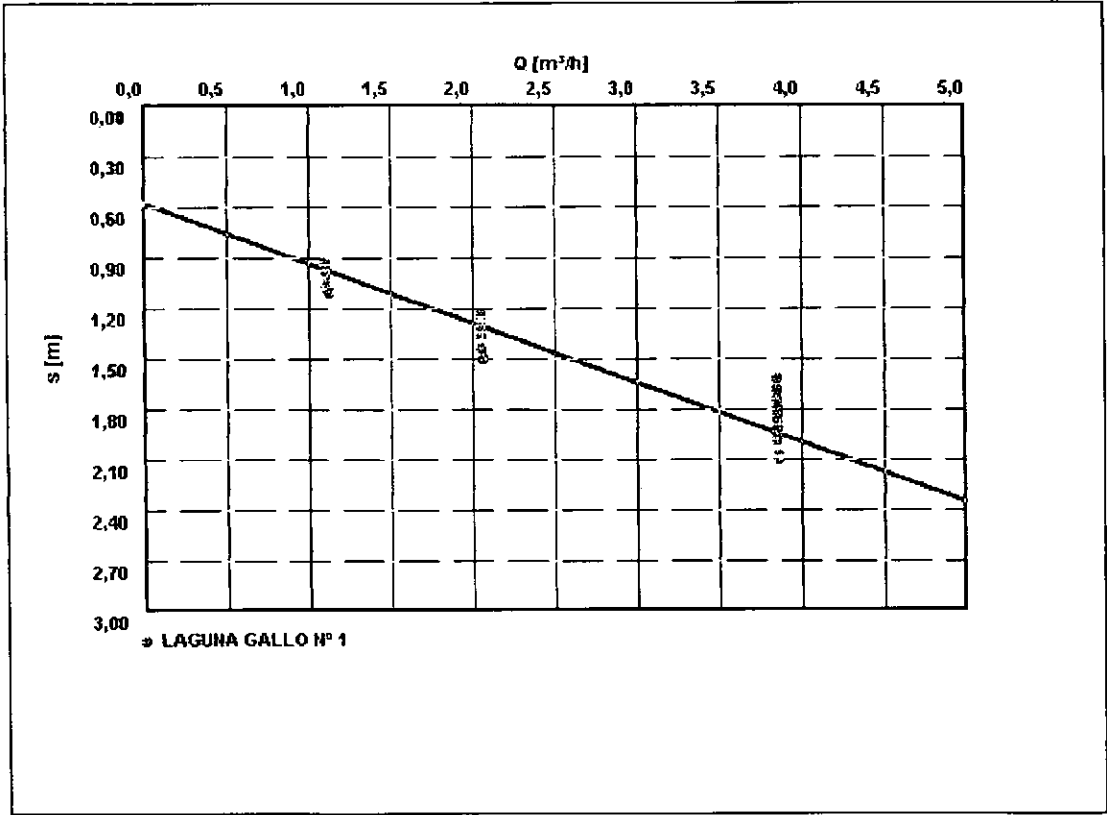


Figura N° 2: GRÁFICO CAPACIDAD ESPECÍFICA MEDIA C (m^2/h) : $2,5 \times 10^0$

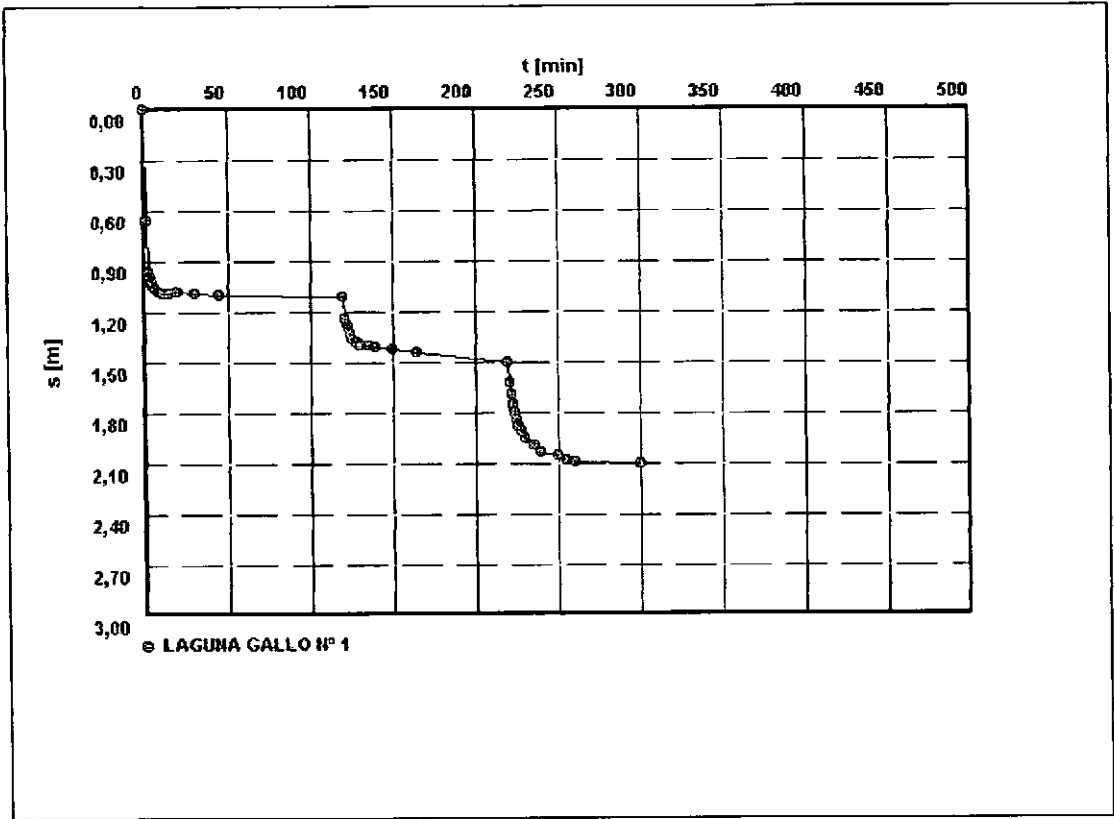


Figura N° 3: GRÁFICO DEPRESIÓN Vs TIEMPO - CAUDAL VARIABLE - POZO N° 1

PLANILLA DE ENSAYO HIDRÁULICO TIPO:

CAUDAL CONSTANTE

PROVINCIA:

FORMOSA

FECHA:

05/03/98

DEPARTAMENTO:

PILAGÁS

EQUIPO:

DRH GONZÁLEZ-STOCKLI CFI

LOCALIDAD:

LAGUNA GALLO

DENOMINACIÓN:

Pozo Explotación Nº 1

Nivel Estático inicial:

2,7 mbnt

Nivel Estático Final:-----

Tiempo de Bombeo (minutos)	Nivel Dinámico Bombeo (mts bbp)	Caudal de bombeo (litros/hora)	Caudal característico (litros/hora.mts)	Tiempo de Recuperación (minutos)	Nivel dinámico Recuperación (mts bbp)
0	2,70	0		-----	-----
1	4,25	3.800	2.450	-----	-----
2	4,35	3.800	2.230	-----	-----
3	4,40	3.800	2.235	-----	-----
4	4,42	3.800		-----	-----
5	4,45	3.800		-----	-----
6	4,46	3.800		-----	-----
8	4,48	3.800		-----	-----
10	4,50	3.800		-----	-----
12	4,53	3.800		-----	-----
15	4,54	3.800		-----	-----
20	4,58	3.800		-----	-----
25	4,62	3.800		-----	-----
30	-----	3.800		-----	-----
45	-----	3.800		-----	-----
60	4,65	3.800		-----	-----
80	4,70	3.800	1.850	-----	-----
120	4,76	3.800	1.844	-----	-----
180	4,77	3.800	1.840	-----	-----

Nota: el registro de las recuperaciones de niveles dinámicos no pudo ser registrada por tener que abandonar la localidad por las inclemencias climáticas.

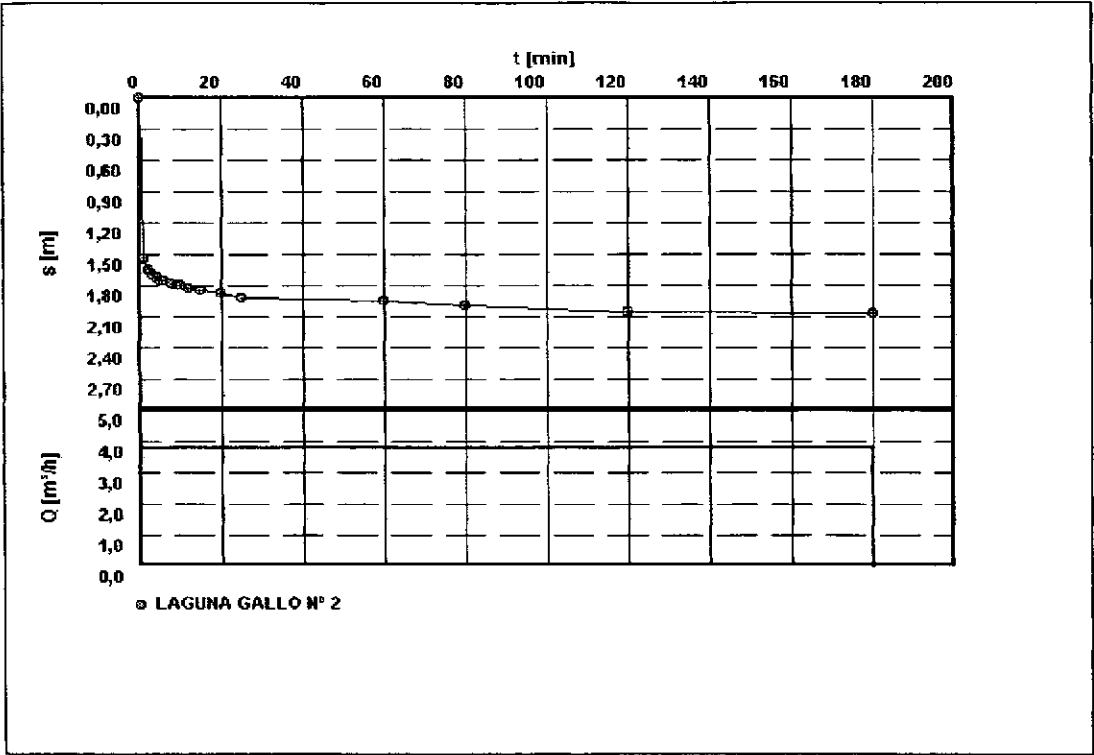


Figura N° 4: GRÁFICO DEPRESIÓN Vs TIEMPO DE BOMBEO

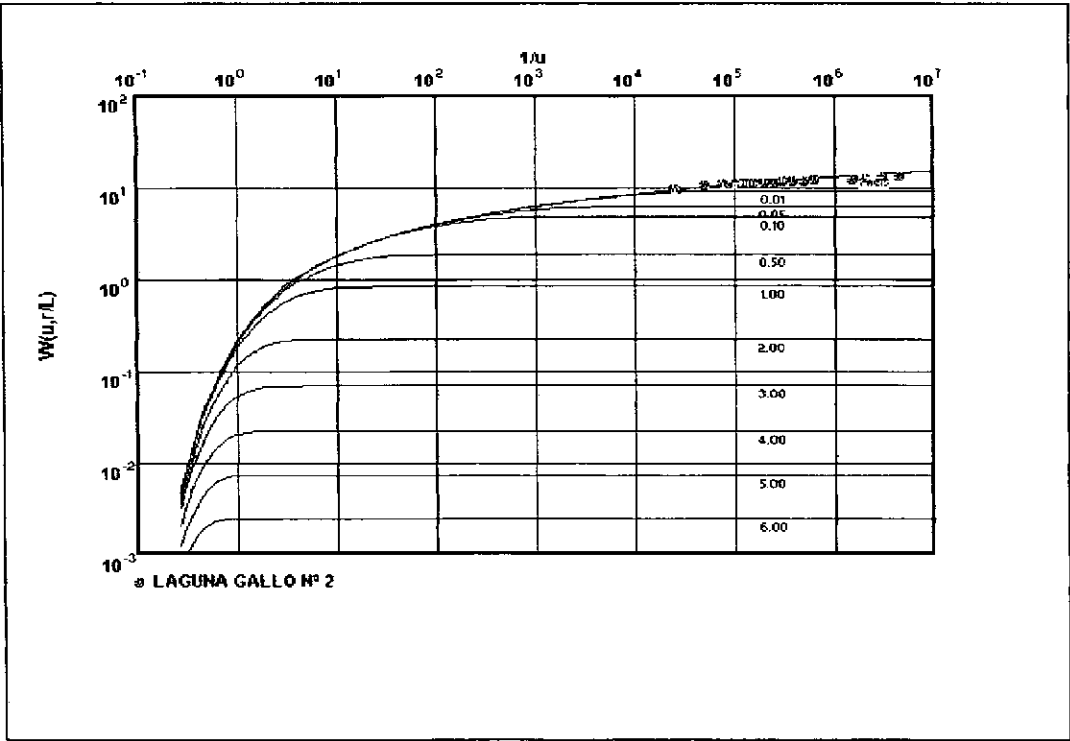


Figura N° 5: MÉTODO HANTUSH (originalmente para acuíferos semiconfinados) ADAPTADO PARA ACUÍFERO SEMILIBRE, SUPONIENDO DISTANCIA A POZO DE OBSERVACIÓN CASI 0.
T: 45,7 m²/d y K: 5,51 m/d.

PLANILLA DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE MUESTRA DE AGUA: LAGUNA GALLO	
LABORATORIO:	SPAP - PROVINCIA DE FORMOSA

PROTOCOLO N°: 12	PROCEDENCIA: LAGUNA GALLO
SITIO DE EXTRACCIÓN: POZO EXPLOTACIÓN	RESPONSABLE: LIC. STOCKLI
FECHA DE EXTRACCIÓN: 05/03/98	FECHA DE ANÁLISIS: 09/03/98
OBSERVACIONES:	

CONDICIONES DE RECEPCIÓN: NORMALES	COLOR: 4
OLOR: N/D	TURBIEDAD: 1,11

RESIDUO SECO - mg/l (105 °C): 1.190	pH: 7,8
DUREZA TOTAL - mg/l: 270	ALCALINIDAD - mg/l: ND

CLORUROS - mg/l: 171	SULFATOS - mg/l: 113
NITRATOS -mg/l: 2	NITRITOS - mg/l: 0

CALCIO - mg/l: 22	MAGNESIO - mg/l: 36
SODIO - mg/l: 322	POTASIO - mg/l: 7,8

FLÚOR - mg/l: ND	ARSÉNICO - mg/l: N/C
HIERRO TOTAL - mg/l: < 0,1 (RD)	MANGANESO - mg/l: ND

ND: no determinado
NC: no contiene
RD: resultado dudoso - muestra no acondicionada
PROTOCOLOS ORIGINALES LABORATORIO S.P.A.P.- PROVINCIA DE FORMOSA

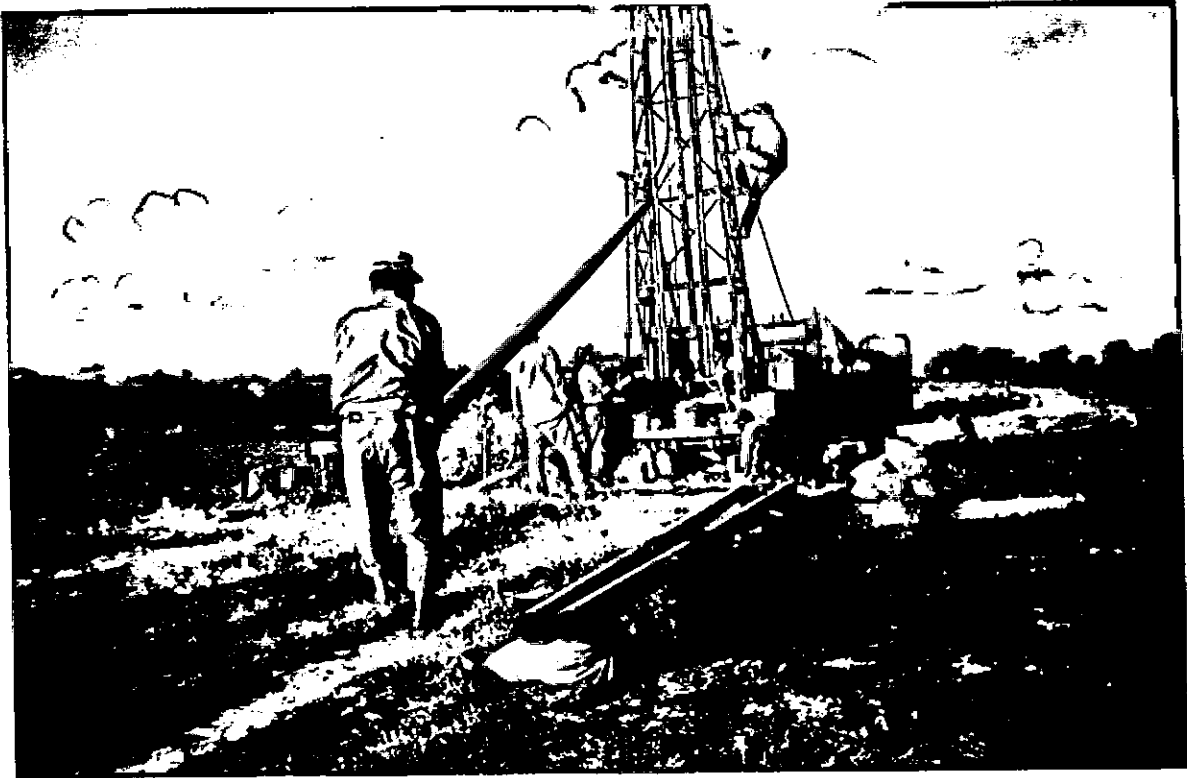


FOTO N° 1: Tareas de perforación. La represa excavada en el predio de la Cooperativa de Agua



FOTO N° 2: Ensayo hidráulico con electrobomba sumergible

LOCALIDAD

Tres Lagunas

INFORME TÉCNICO DE PERFORACIONES
PROGRAMA DESARROLLO DE PEQUEÑAS COMUNIDADES

DENOMINACIÓN: POZO DE EXPLOTACIÓN Nº 3 TRES LAGUNAS

PROVINCIA: FORMOSA

FECHA TERMINACIÓN: 02/03/98

DEPARTAMENTO: PILAGÁS

LOCALIDAD: TRES LAGUNAS

EQUIPO ROTARI: E 1-DRH

ORGANISMOS: DRH-SPAP-CFI

1- OBJETIVOS Y RESULTADOS

Los objetivos del presente trabajo fueron la **ejecución de una perforaciones de explotación de 4" de diámetro** para la optimización del servicio de agua potable existente, y la realización de los **ensayos hidráulicos** respectivos en el acuífero y en el pozo definitivo.

Previo a los trabajos realizados la localidad contaba con dos pozos tipo explotación, los que erogaban un caudal diario insuficiente para las demandas de la población.

Como resultado de la aplicación de sucesivas etapas clásicas para un estudio de fuentes, en la localidad de Tres Lagunas se concluyó en una caracterización del estado actual de la fuente de agua subterránea sometida a explotación intensiva desde hace unos 8 años.

Como parte de lo oportunamente acordando se ejecutó un pozo tipo explotación con resultados acordes para cubrir el déficit actual de agua de la localidad de Tres Lagunas.

2- ACCESO A LA LOCALIDAD-UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL POZO

El pozo de explotación ejecutado se encuentra ubicado sobre la ruta que conduce a Laguna Blanca, a unos 3.000 mts del pueblo, en un predio propiedad de la Cooperativa de Agua Potable de Tres Lagunas. En éste, se encuentra excavada una represa de aproximadamente 80 mts x 50 mts. En sus alrededores se encuentra ubicada la batería de bombeo, ahora integrada por tres pozos de explotación.

3- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE PERFORACIÓN EMPLEADO

El sistema de perforación utilizado fue rotativo con circulación directa de agua o lodo a través de una columna hueca de barras con salida a presión por las boquillas de una herramienta de corte solidaria y reemplazable según el terreno (trépano).

La columna de perforación trabaja en tensión, con movimiento rotativo lento transmitido por una mesa giratoria accionada por un sistema de engranajes conectados al motor del vehículo portante.

El lodo es aspirado de una pileta excavada en el terreno e inyectado a presión mediante la bomba a émbolos para líquidos pesados del equipo en la columna de barras conectadas al conducto de llegada por la cabeza de inyección.

Luego el lodo sale en la base de la herramienta que de este modo se limpia y refrigera y vuelve a subir por el espacio anular producido al perforar, llevando a superficie los recortes de sedimento que finalmente se depositan en la pileta de inyección, dejando el circuito cerrado.

Para permitir un adecuado entubamiento y engravado del pozo de explotación se utilizó en la inyección exclusivamente aditivos biodegradables.

4- DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS TAREAS REALIZADAS

a) Etapas de Perforación:

En el sitio seleccionado en la etapa de relevamiento de fuentes (SEV 1) de agua se ejecutó una perforación piloto de 4" de diámetro hasta los 18 mts de profundidad; la **secuencia sedimentaria simplificada indica el desarrollo en el subsuelo de un acuífero arenoso, de comportamiento hidráulico libre a semilibre, de unos 16 mts de espesor promedio y base constituida por un paquete arcilloso plástico y duro color gris claro a verdoso, de 5 a 6 mts de potencia. Hacia el techo del acuífero se encuentra un nivel arcilloso gris pardo de unos 50 cm de espesor, probablemente el responsable del comportamiento hidráulico;** mayor detalle de los sedimentos atravesados se presentan en la planilla de descripción litológica adjunta.

Los trabajos prosiguieron con el ensanche por reperforación y repasado del diámetro del pozo piloto para llegar al necesario para la maniobra de entubamiento y engravado del espacio anular, aproximadamente 8". Se empleó aditivo biodegradable para la densificación de la inyección (Regress) lo que aseguró una correcta extracción de sedimentos desde el fondo de la perforación hacia la superficie y la formación de un revoque semipermeable transitorio en las paredes arenosas, asegurando así un tiempo prudencial para realizar la maniobra de entubamiento sin riesgos de sufrir desmoronamiento en los sectores más permeables.

b) Etapas de Entubado, Engravado y Cementación:

Como se puede observar en el diseño del Pozo de Explotación adjunto, los filtros se instalaron en el intervalo de acuífero ubicado entre los 10,14 mts bbp y los 16,24 mts bajo igual referencia; el filtro utilizado fue tipo Johnson de H G°- 4" de diámetro, de 0,3 mm de abertura y ranuras del tipo continuas. Los tramos de cañería ciega utilizados fueron de igual material y diámetro que los filtros. Posteriormente se completó con grava N° 20 el espacio anular existente entre el pozo y la cañería o filtro hasta los 3 mts de profundidad bajo el nivel del terreno, ocupando un total de 15 bolsas. El espacio anular restante hasta llegar a

superficie fue sellado por cementación de fragüe rápido, previa instalación de packer aislante de arcilla - arena.

c) Etapas de Desarrollo del Pozo de Explotación:

Para asegurar la mejor conexión hidráulica posible entre el pozo de explotación y el acuífero se procedió con su desarrollo mediante ciclos de bombeo a bajos caudales; los objetivos perseguidos en esta etapa fueron limpiar los filtros, acomodar el prefiltro de grava, remover la inyección remanente y extraer los sedimentos finos en los alrededores del pozo.

d) Ensayos Hidráulicos de Pozo y de Acuífero:

De acuerdo a los objetivos planteados se dividieron en dos tipos: a caudal variable y caudal constante.

1-Ensayo a Caudal Variable o Escalonado: para determinar el caudal más conveniente para el pozo de explotación y a que profundidad deberá instalarse el equipo de bombeo.

Se efectuaron tres escalones crecientes de 120 minutos de duración cada uno, con los siguientes caudales (Q):

Caudal 1:	3.600 l/h
Caudal 2:	6.300 l/h
Caudal 3:	9.900 l/h

Los caudales característicos (Qc) obtenidos en función de las depresiones generadas fueron los que se detallan a continuación:

Escalón 1	Q: 3.600 l/h	Qc 1/2: 4,0 m³/h.m
Escalón 2	Q: 6.300 l/h	Qc 1/2: 3,6 m³/h.m
Escalón 3	Q: 9.600 l/h	Qc 1/2: 2,9 m³/h.m

Como queda evidenciado, por la brusca disminución de la eficiencia entre el escalón segundo y el tercero, y buscando solamente la combinación de caudal de explotación óptimo del pozo con ahorro de energía (sin tener en cuenta las condiciones hidroquímicas del entorno), es recomendable adoptar un régimen ubicado entre los 4.000 y 5.000 litros durante dos turnos de bombeo de 4 hs c/u, totalizando un caudal diario de entre 30.000 y 40.000 litros.

2- Ensayo a Caudal Constante: para determinar los parámetros hidrogeológicos-hidráulicos del acuífero mediante el registro y análisis de las depresiones y recuperaciones residuales, y la evolución química del acuífero ante la explotación intensiva; el caudal del ensayo fue de 9.800 l/h durante 780 minutos.

Es importante señalar que sumando el total de ensayos realizados, con un caudal medio estimado de 7.500 l/h durante 1.140 minutos (19 horas), los registros de conductividad del agua (con evolución similar al contenido de Sales Totales) se mantuvieron constantes en el orden de los 1.500 a 1.600 $\mu\text{S./cm}$. **Las posteriores determinaciones efectuadas sobre una muestra en el laboratorio del SPAP - Formosa indican que el agua es de buena calidad química, con un contenido de Sales Totales de 1,16 g/l (límite potabilidad 2,8 g/l).**

El caudal de explotación a utilizar deberá ser una combinación no sólo de lo que el pozo puede erogar en forma eficiente desde el punto de vista hidráulico, sino que tendrá en cuenta lo que del acuífero se pueda extraer sin producir efectos no deseados. En tal sentido se deberá consultar el estudio general de fuentes en donde se propone un esquema de bombeo para toda la batería (Lic.: Petriella-Informe N° 2-1998).

En el anexo del informe se incluyen planilla de descripción litológica, plano de diseño de pozo de explotación, planillas y curvas de ensayos hidráulicos, y fotos vinculadas al trabajo.

e) Conclusiones:

- En el subsuelo de la localidad de Tres Lagunas las tareas de perforación llevaron al alumbramiento de un acuífero arenoso, de comportamiento hidráulico libre a semilibre, **portador de agua de buena calidad química con una concentración de 1,19g/l de Sales Totales** (límite de potabilidad 2,8 g/l).
- Desde el punto de vista hidráulico, el volumen posible de agua a explotar es satisfactorio para la demanda de la población. Queda consultar vía informe de estudio integral de fuentes (Lic. Petriella-Informe N° 2-1998) la sostenibilidad en el tiempo de las aparentemente correctas condiciones químicas.
- **La conservación de las condiciones actuales de la represa existente en el predio donde se ubica la batería de bombeo son imprescindibles para asegurar la fuente subterránea a partir de los aportes de agua superficial.**
- De ser posible, sería conveniente proteger el perímetro de la represa con alambrado para evitar la entrada de animales o el uso como basurero ocasional por parte de pobladores que no conozcan su importancia.
- De explotarse un caudal de 5.000 l/h, la electrobomba sumergible a instalar no deberá colocarse más abajo de los 8 mts bajo boca de pozo. En primera instancia una tira de cañería de impulsión de H° G° o superior, más bomba de 4" de 2 a 3 HP (de acuerdo al cálculo de pérdidas por roce a realizar para la distancia y altura a elevar en tanque de la Cooperativa).

ANEXO

- Planilla de descripción litológica
- Plano de diseño de pozo
- Registros y curvas de ensayos hidráulicos
- Fotos Temáticas

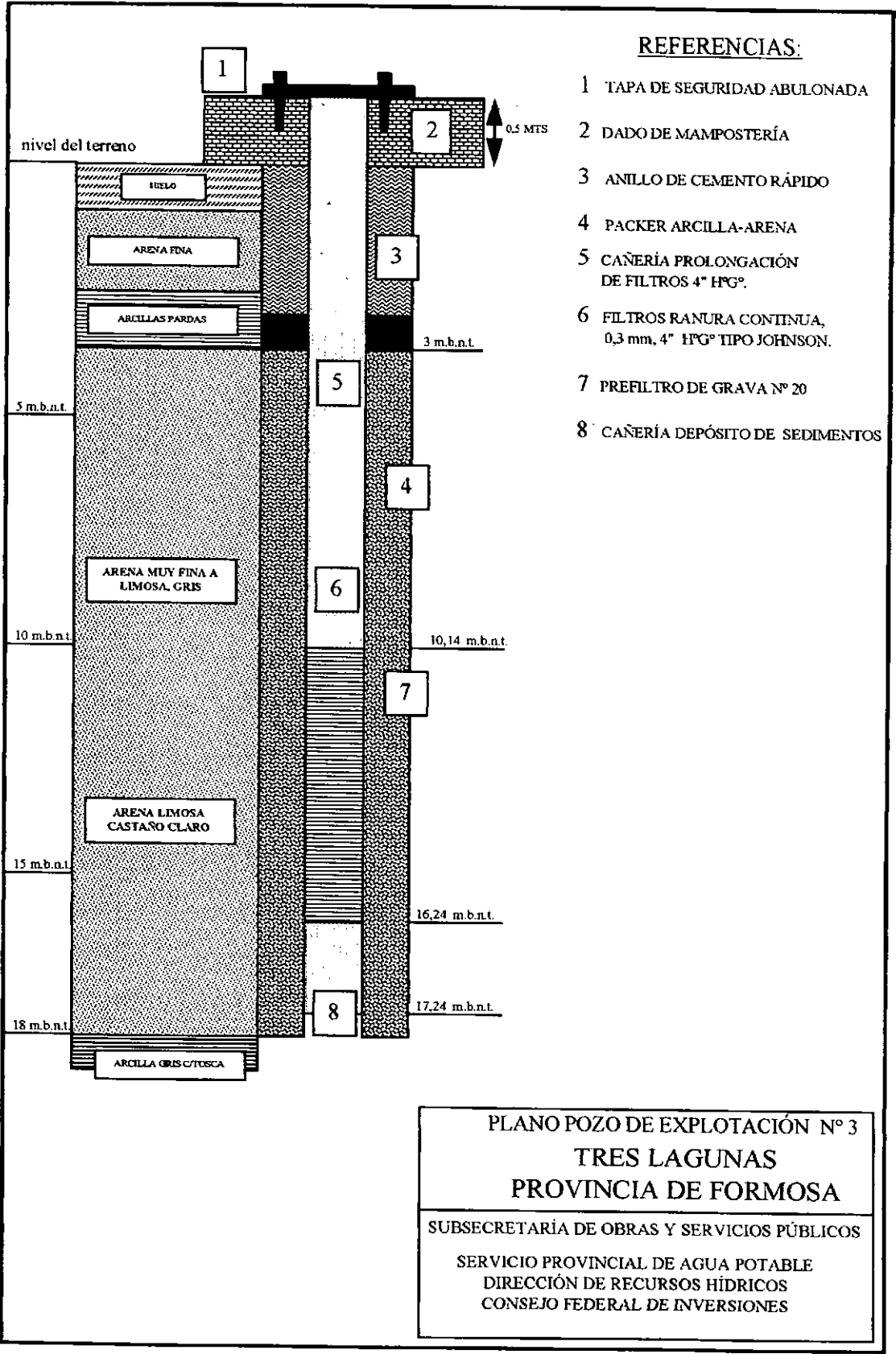


Figura Nº 1: Diseño de Entubamiento Pozo de Explotación Nº 3 - TRES LAGUNAS

PLANILLA DE CONTROL DE PERFORACIÓN

PROVINCIA: FORMOSA

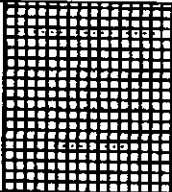
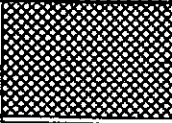

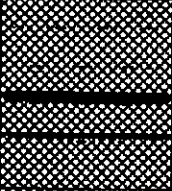
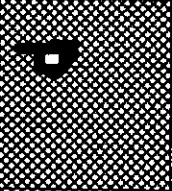
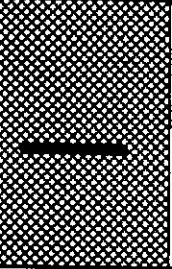

FECHA: 26/02 a 02/03/98

DEPARTAMENTO: PILAGÁS

EQUIPO: DRH-GONZÁLEZ

LOCALIDAD: TRES LAGUNAS

DENOMINACIÓN: Pozo Explotación N° 3

Prof. (mts bbp.)	Conductividad eléctrica inyección (μS/cm)	Simbología	Descripción Litológica
0,0 a 1,3	136		Horizontes de suelo-relleno antrópico.
1,3 a 2,5	246		Arena fina, color castaño rojizo claro, se torna más oscuro hacia la base.
2,5 a 3,0	260		Arcilla plástica color gris claro (suelo enterrado). Hacia la base tosquilla muy delgada.
3,0 a 5,5	290		Arena fina cuarzosa, color castaño claro; en partes limosa. Hacia la base lentes de materia orgánica. Delgadas intercalaciones de arcillas.
5,5 a 7,6	300		Arena fina a muy fina, color castaño claro; en partes limosa, con restos carbonáticos.
7,6 a 16,5	350		Arena muy fina a fina hacia la base, con restos de materia orgánica y conchillas color gris pardo.
16,5 a 18,6	-----		Arcilla plástica color gris claro, alternante con limos de igual color. Tosca muy dura rojo-verdosa.

PLANILLA DE ENSAYO HIDRÁULICO TIPO:

CAUDAL VARIABLE

PROVINCIA:

FORMOSA

FECHA:

01/03/98

DEPARTAMENTO:

PILAGÁS

EQUIPO:

DRH GONZÁLEZ - STOCKLI CFI

LOCALIDAD:

TRES LAGUNAS

DENOMINACIÓN:

Pozo Explotación N° 3

Nivel Estático inicial:1,85 mbnt

Nivel Estático Final:

Tiempo de Bombeo Individual (minutos)	Nivel Dinámico Bombeo (mts bbp)	Caudal de bombeo (litros/hora)	Caudal característico (litros/hora.mts)	Observaciones
0	1,89			
1	2,61	3.600	5.000	Primer escalón de caudal
2	2,66			
3	2,67			
4	2,68			
5	2,69			
6	2,70			
8	2,70		4.090	
10	2,71			
15	2,72			
20	2,73			
30	2,73			
45	2,74			
60	2,75			
80	2,77			
120	2,78	3.600	4.044	
0	2,78	3.600		
1	3,25	6.300	4.405	Segundo escalón de caudal
2	3,42			
3	3,45			
4	3,46			
5	3,48			

6	3,50			
8	3,51		3.727	
10	3,52			
15	3,53			
20	3,55			
30	3,56			
45	3,56			
60	3,56			
80	3,56			
120	3,57	6.300	3.600	
0	3,57	6.300		
1	4,75	9.800	3.344	Tercer escalón de caudal
2	4,81			
3	----			
4	----			
5	4,88			
6	4,90			
8	4,93		3.151	
10	4,95			
15	4,95			
20	5,0			
30	5,05			
45	5,07			
60	5,12			
80	5,13			
120	5,14	9.800	2.951	

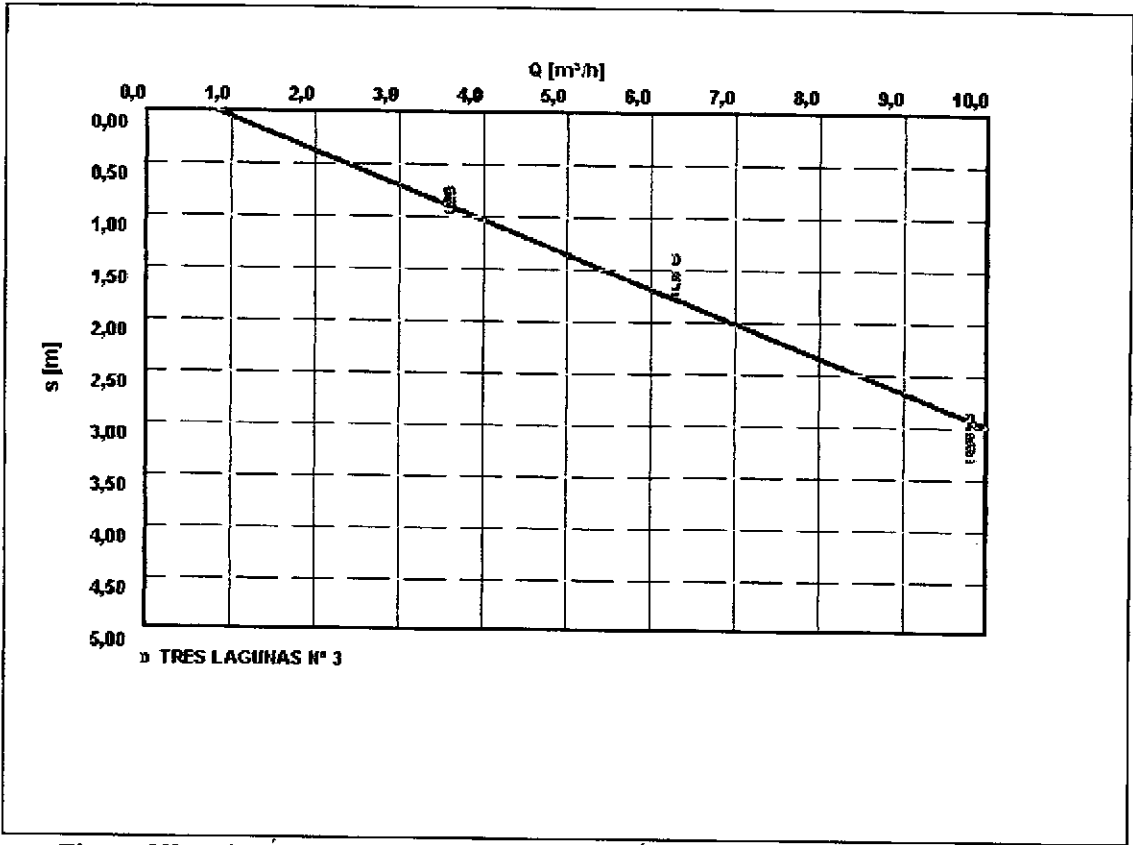


Figura N° 2: GRÁFICO: CAPACIDAD ESPECÍFICA MEDIA C (m^2/h) : $3,2 \times 10^0$

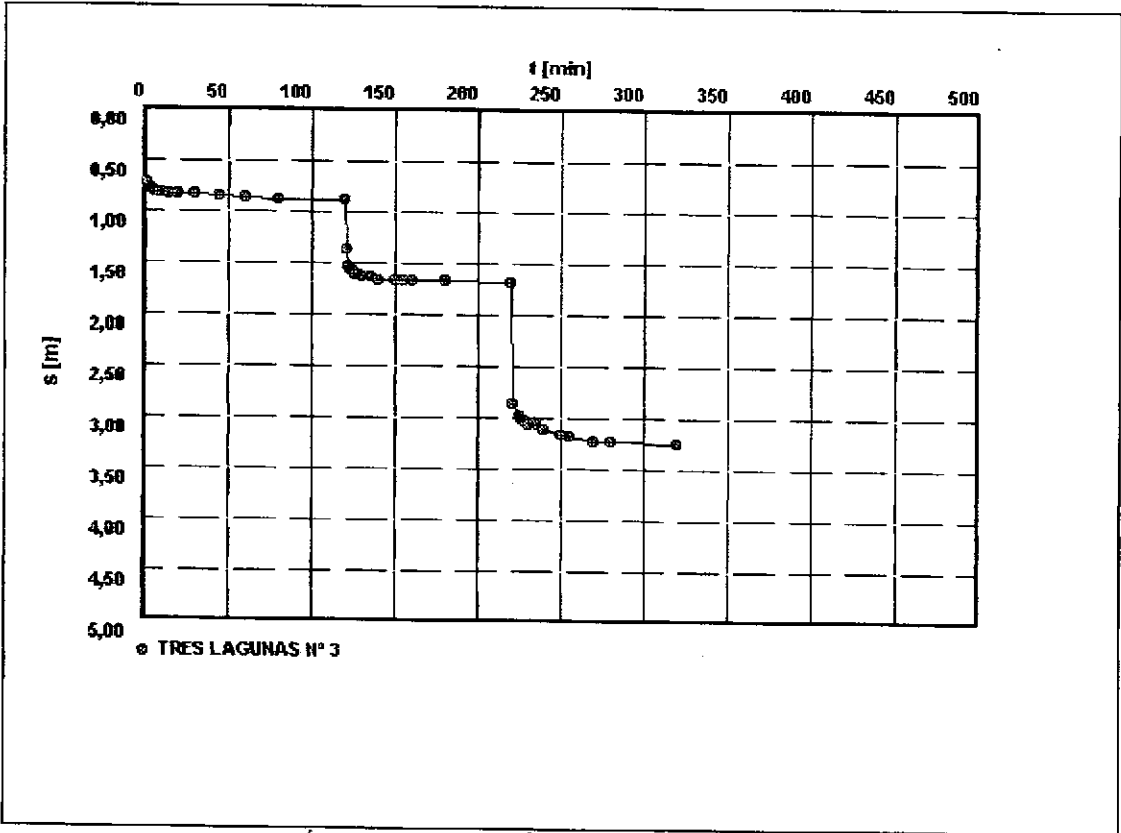


Figura N° 2: GRÁFICO DEPRESIÓN Vs TIEMPO - CAUDAL VARIABLE

PLANILLA DE ENSAYO HIDRÁULICO TIPO:

CAUDAL CONSTANTE

PROVINCIA:

FORMOSA

FECHA:

DEPARTAMENTO:

PILAGÁS

EQUIPO:

DRH GONZALEZ-STOCKLI CFI

LOCALIDAD:

TRES LAGUNAS

DENOMINACIÓN:

Pozo Explotación Nº 3

Nivel Estático inicial:

Nivel Estático Final:

Tiempo de Bombeo (minutos)	Nivel Dinámico Bombeo (mts bbp)	Caudal de bombeo (litros/hora)	Caudal característico (litros/hora.mts)	Tiempo de Recuperación (minutos)	Nivel dinámico Recuperación (mts bbp)
0	1,85	0		----	----
1	4,45	9.800	3.769	----	----
2	4,6	9.800		----	----
3	4,68	9.800		----	----
4	4,69	9.800		----	----
5	4,70	9.800		----	----
6	4,75	9.800		----	----
8	4,77	9.800	3.356	----	----
10	4,79	9.800		----	----
15	4,88	9.800		----	----
20	4,92	9.800		----	----
25	4,94	9.800		----	----
30	4,96	9.800		----	----
40	5,02	9.800	3.091	----	----
50	5,07	9.800		----	----
60	5,08	9.800		----	----
80	5,11	9.800		----	----
100	5,14	9.800		----	----
120	5,16	9.800		----	----
150	5,18	9.800	2.942	----	----
180	5,20	9.800		----	----

210	5,22	9.800		-----	-----
250	5,24	9.800		-----	-----
300	-----	9.800		-----	-----
420	-----	9.800		-----	-----
600	5,28	9.800		-----	-----
780	5,29	9.800	2.848	-----	-----

NOTA: no se registraron las recuperaciones residuales por inclemencias climáticas.

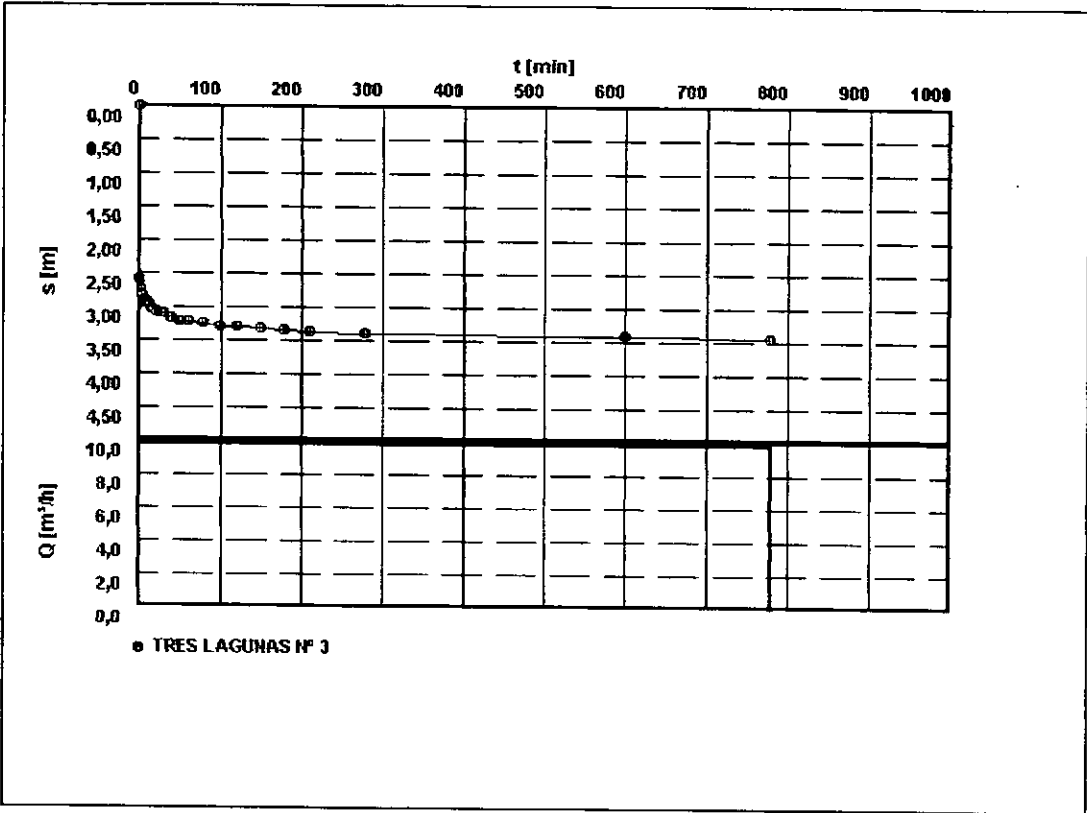


Figura N° 4: GRÁFICO DEPRESIÓN VS TIEMPO

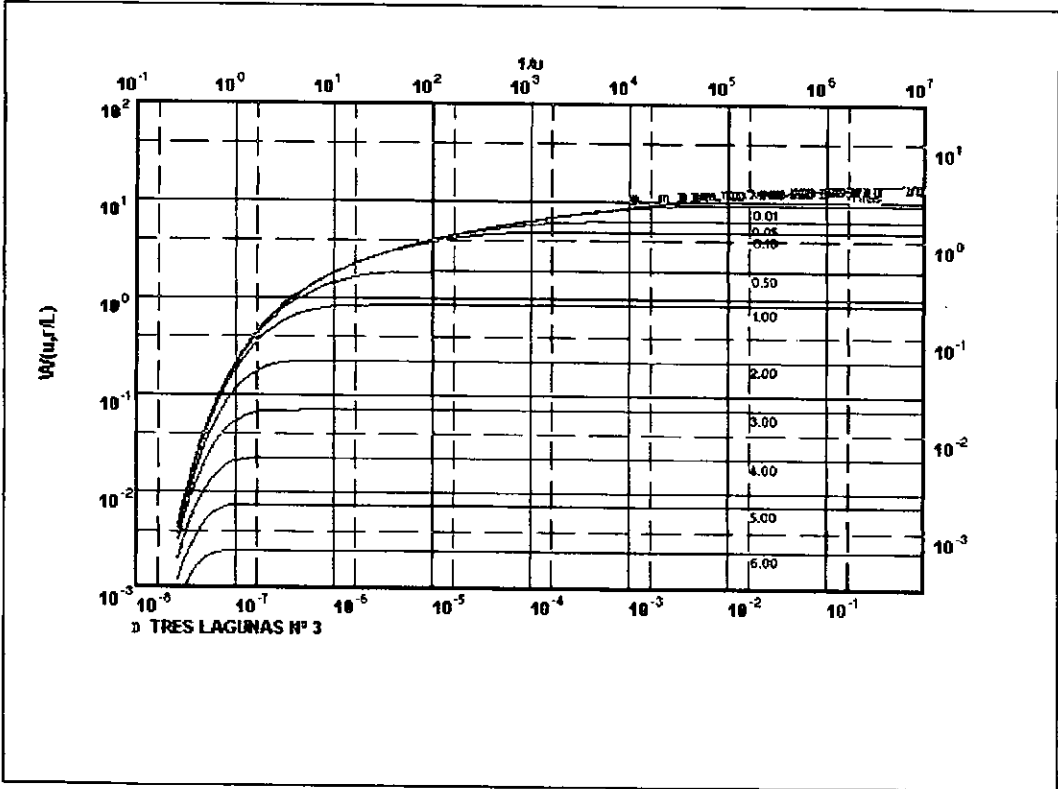


Figura N° 5: MÉTODO HANTUSH (originalmente para acuíferos semiconfinados) ADAPTADO PARA ACUÍFERO SEMILIBRE-SEMICONFINADO, SUPONIENDO DISTANCIA A POZO DE OBSERVACIÓN CASI
 $0.T: 73,5 \text{ m}^2/d$, $K: 4,5 \text{ m/d}$ y $S: 1,79 \times 10^{-3}$.

PLANILLA DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE MUESTRA DE AGUA: **TRES LAGUNAS**

LABORATORIO:

SPAP - PROVINCIA DE FORMOSA

PROTOCOLO N°: 11	PROCEDENCIA: TRES LAGUNAS
SITIO DE EXTRACCIÓN: POZO EXPLOTACIÓN N°3	RESPONSABLE: LIC. STOCKLI
FECHA DE EXTRACCIÓN: 05/03/98	FECHA DE ANÁLISIS: 09/03/98
OBSERVACIONES: BATERÍA DE BOMBEO COOPERATIVA DE AGUA (POZO EXP. NUEVO)	

CONDICIONES DE RECEPCIÓN: NORMALES	COLOR: 4
OLOR: N/D	TURBIEDAD: 1,15

RESIDUO SECO - mg/l (105 °C): 1.163	pH: 8,0
DUREZA TOTAL - mg/l: 264	ALCALINIDAD - mg/l: ND

CLORUROS - mg/l: 128	SULFATOS - mg/l: 88
NITRATOS - mg/l: 3	NITRITOS - mg/l: 0

CALCIO - mg/l: 22	MAGNESIO - mg/l: 44
SODIO - mg/l: 276	POTASIO - mg/l: 3,9

FLÚOR - mg/l: ND	ARSÉNICO - mg/l: N/C
HIERRO TOTAL - mg/l: < 0,1 (RD)	MANGANESO - mg/l: ND

ND: no determinado

NC: no contiene

RD: resultado dudoso - muestra no acondicionada

PROTOCOLOS ORIGINALES LABORATORIO S.P.A.P. - PROVINCIA DE FORMOSA



FOTO Nº 1: Maniobra de entubamiento de pozo de bombeo. En segundo plano puesto de vigilancia policial.

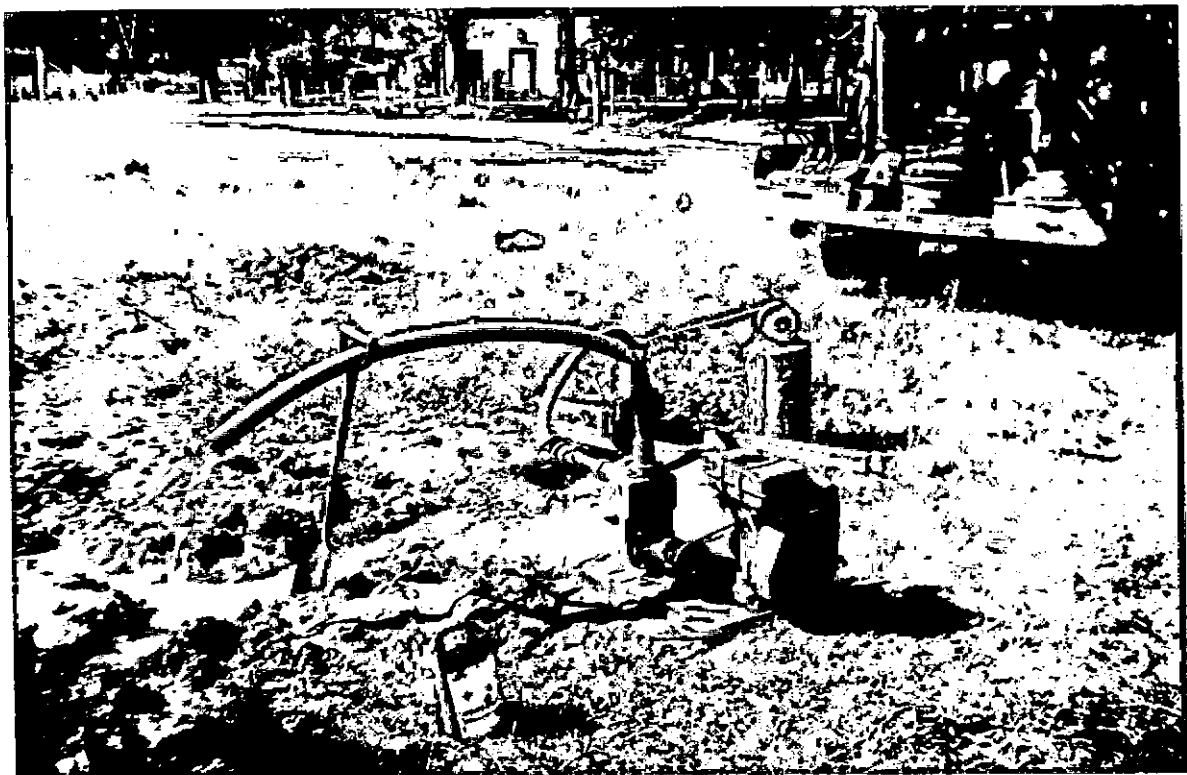


FOTO Nº 2: Ensayo hidráulico con bomba centrífuga de superficie accionada por motor a explosión