

1516
I

32144

correlativo 1516

PROVISION DE AGUA A CALETA OLIVIA
PROVINCIA DE SANTA CRUZ



SISTEMA DE CAPTACION
MESETA ESPINOSA 1

CONVENIO DE COOPERACION TECNICA

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

AREA ASESORAMIENTO

SERVICIOS PUBLICOS S.E. - SANTA CRUZ

GERENCIA ESTUDIOS Y PROYECTOS

3319

11112

X12

T 1132

S. CRUZ. Serv. 7051 S.E.

CFI

1986

Cítese: Consejo Federal de Inversiones (González
Arzac, Ricardo y Perez Spina, Raúl) 1986.
Provisión de agua a Caleta Olivia, Santa
Cruz. Sistema de Colectación Meseta Espino-
sa 1 - Informe final.

I N D I C E

INTRODUCCION

1. CONDICIONES GEOHIDROLOGICAS GENERALES

1.1. Hidroestratigrafía

1.2. Hidrodinámica

1.3. Hidroquímica

1.4. Hidráulica

2. SELECCION DEL AREA DE EXPLOTACION

3. PERFORACIONES DE EXPLOTACION

3.1. Ubicación

3.2. Características constructivas

3.3. Diseño

3.3.1. Cañería filtro - Prefiltro de grava

3.3.2. Cañería ciega

3.4. Aspectos químicos

3.5. Aspectos hidráulicos

3.5.1. Generalidades

3.5.2. Eficiencia de las captaciones

3.5.3. Radio de influencia

3.5.4. Evaluación individual de las captaciones

a- Pozo de explotación N° 1 (M.E.1)

b- Pozo de explotación N° 2 (M.E.2)

c- Pozo de explotación N° 3 (M.E.3)

d- Pozo de explotación N° 4 (M.E.4)

e- Pozo de explotación N° 6 (M.E.6)

f- Pozo de explotación N° 7 (M.E.7)

g- Pozo de explotación N° 8 (M.E.8)

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

- h- Pozo de explotación N° 10. (M.E.10)
- i- Pozo de explotación N° 9 (M.E.9) y N° 11 (M.E.11)
- j- Pozo de explotación N° 5 (M.E.5)

3.6. El pozo M.E.50. Un caso especial

4. CONDICIONES DE EXPLOTACION

- 4.1. Producción individual
- 4.2. Alternativas de manejo propuestas

5. RECOMENDACIONES FINALES

- 5.1. Prosecución de los estudios
- 5.2. Control de explotación

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

INTRODUCCION

El presente informe corresponde a uno de los capítulos surgidos del trabajo "Provisión de Agua Potable a la ciudad de Caleta Olivia. Provincia de Santa Cruz" que se realiza en forma conjunta entre el Area Asesoramiento del Consejo Federal de Inversiones (C.F.I.) y la Gerencia Estudios y Proyectos de Servicios Públicos Sociedad del Estado (S.P.S.E.) de dicha Provincia. El contenido general del trabajo se discriminó de la siguiente manera:

- I. Estudio Geohidrológico en Meseta Espinosa. Diagnóstico
- II. Sistema de Captación Meseta Espinosa 1
- III. Evaluación del sistema actual de explotación Cañadón Quintar.
- IV. Sistema de captación Meseta Espinosa 2.
- V. Empreñimientos colaterales.

Este volumen corresponde al capítulo II Sistema de Captación Meseta Espinosa 1 que se elaboró como aporte a la transferencia del servicio al Distrito Saneamiento de Caleta Olivia, mediante el cual se entregan un total de doce captaciones discriminadas en once perforaciones de bombeo tipo explotación, a las que se agrega un pozo de exploración adecuado temporalmente como de producción. La denominación asignada a estas captaciones es "Meseta Espinosa" (M.E.) y numeradas correlativamente desde el 1 al 11, mientras que el pozo provisorio toma igual nombre que los anteriores pero con el número 50.

El contenido general incluye una caracterización resumida de las condiciones geohidrológicas del área de trabajo, los procedimientos utilizados para el diseño de las perforaciones, las características constructivas de éstos, las condiciones hidráulicas generales y particulares, los caudales individuales y totales del sistema, y la propuesta de distintas alternativas de operación y producción.

La programación, ejecución y dirección de los trabajos estuvo a cargo del Lic. Ricardo González Arzac (C.F.I.) y del Lic. José Luis Diaz (S.P.S.E.)

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

quienes compartieron la responsabilidad de la tarea con el Lic. Fernando Stockli y los técnicos Sergio Albornoz y Mario Almagro (todos de S.P.S.E.) en la ejecución de los trabajos de campo. El Lic. Pérez Spina (C.F.I.) se incorporó al equipo al final de los estudios participando en la ejecución de las pruebas de bombeo y su interpretación, además de la lectura crítica de este informe. Debe destacarse la colaboración prestada por el técnico Arturo Soulés (S.P.S.E.) en el relevamiento topográfico, por los auxiliares del C.F.I. Alba Villar, José Barbagallo y Luis Rossi en la sistematización de la información obtenida, por Alejandro Galimberti (C.F.I.) en las tareas de dibujo y expresión cartográfica, y por la Srá. Elena de Arce (C.F.I.) en los trabajos de dactilografía.

La ejecución de diez perforaciones de explotación y de cinco pozos de observación estuvo a cargo de la Compañía de Aguas 601 del Ejército Argentino contratada por S.P.S.E., mientras que dos pozos de bombeo los construyó Y.P.F. Subadministración Santa Cruz Norte como contribución a la solución del problema de abastecimiento de agua a la ciudad de Caleta Olivia. También tres pozos de observación fueron realizados por un equipo del Consejo Agrario Provincial en convenio de cooperación con S.P.S.E. Se resalta la colaboración prestada por el personal afectado a estos equipos y sus responsables Carlos Neris (Cía. de Agua), José Ruiz (C.A.P.) y Cirilo Abeldaño (Y.P.F.) como asimismo al Ing. Carlos Ostolaza (S.P.S.E.) a cargo de la gestión administrativa-financiera de la ejecución de las perforaciones, y responsable de las obras de tendido eléctrico, instalación de cámara de carga y colocación de acueducto de vinculación con Cañadón Quintar.

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

1. CONDICIONES GEOHIDROLOGICAS GENERALES

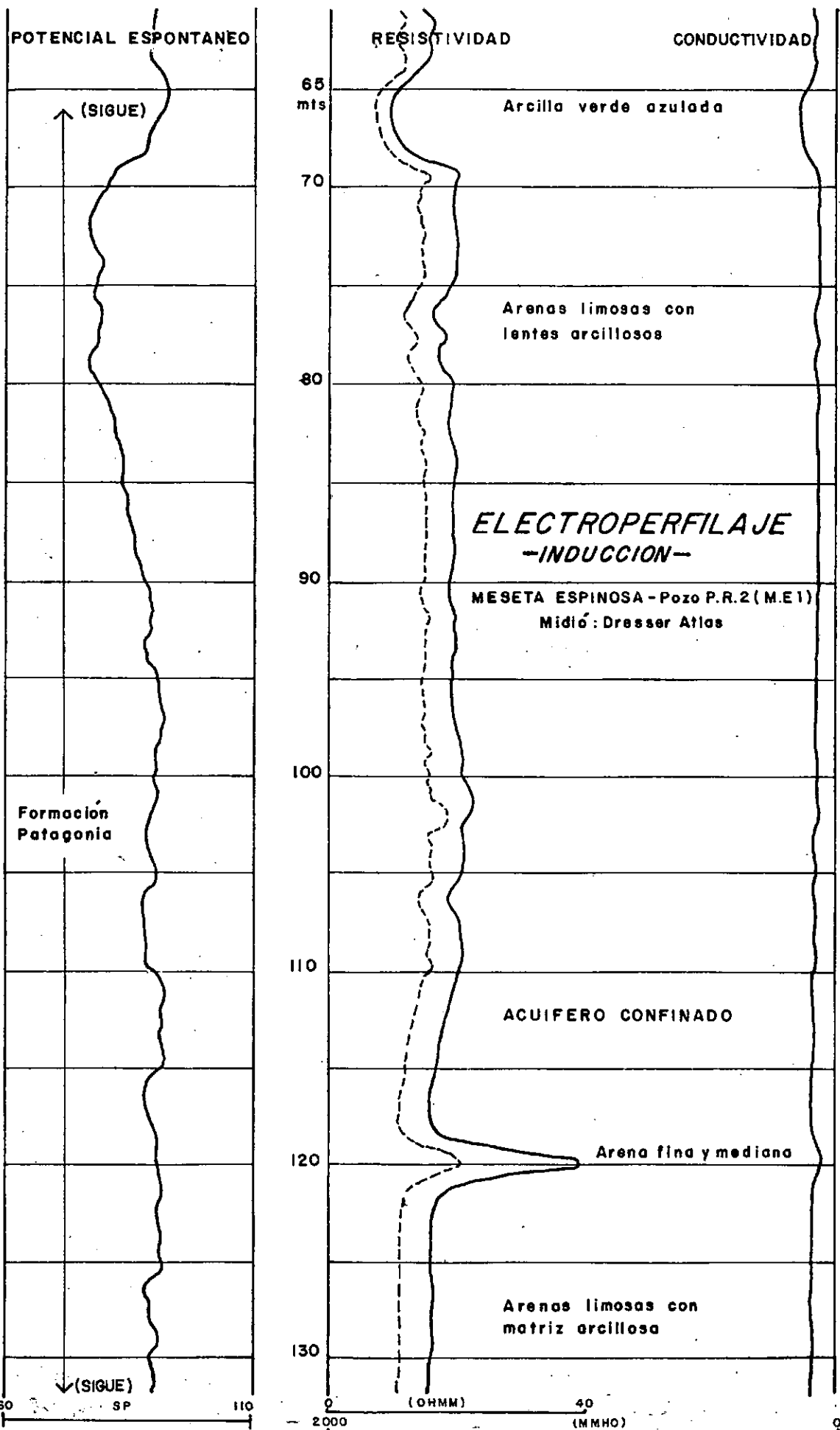
La batería de pozos de explotación tratada en este informe está ubicada en el extremo noreste del área estudiada, y según el capítulo I "Estudio geohidrológico en Mesesta Espinosa. Diagnóstico", las características salientes resumidas son las siguientes:

1.1. Hidroestratigrafía

Según el esquema hidroestratigráfico incluido en el Cuadro N° 1, y para la zona de influencia de la batería de producción, la base de la sección de interés denominada "Basamento Hidrogeológico" corresponde a la Formación Río Chico, compuesta por arcillas verdes, muy plásticas, cuyo techo se ubica aproximadamente a 200 metros de profundidad. Sobre esta entidad se apoya el "Sistema Acuitardo-Acuicludo" de la Formación Sarmiento, así designado debido a su comportamiento diferencial según las variaciones litológicas laterales observadas que van de tobas y cineritas arcillosas a arcillas pardas muy plásticas con alto grado de alteración de la fracción piroclástica. El espesor en la zona es de aproximadamente 37 metros, o sea entre 159 y 196 metros bajo boca de pozo (m.b.b.p.).

Hacia arriba continua luego la formación Patagonia, donde se han determinado dos niveles acuíferos, uno confinado y otro superior semiconfinado. El primero comienza entre los 60 y 70 m.b.b.p., a partir de una lente arcillosa muy plástica verde azulada que actúa de confinante, a la que le siguen arenas finas y medianas de coloración gris oscura y verdosa hasta aproximadamente 160 m.b.b.p. A esta litología siempre dominante se agregan limos y arcillas en profundidad hasta en casos conformar arcillas arenosas. Estas variaciones en la granulometría de los sedimentos dan lugar a una consecuente variación en la permeabilidad del acuífero lo que condiciona, como se verá, el diseño de las perforaciones de explotación.

En el gráfico N° 1 se incluye el registro del perfilaje eléctrico por inducción de la unidad confinada correspondiente a una de las perforaciones de reconocimiento (P.R.2), donde se observan las gráficas de potencial



CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

espontáneo, resistividad, y conductividad, y cuya interpretación y correlación permite distinguir las arcillas confinantes entre 64 y 69 m.b.b.p., que pasan a arenas limosas con algunos lentes arcillosos, con un "pico" de mayor permeabilidad entre los 118 y 122 m.b.b.p., para luego adoptar hacia la base (ver gráfico N° 2) un registro regular cada vez más arcilloso y menos arenoso. A los 159 metros de profundidad se observa el pase a la Formación Sarmiento y a los 196 metros el inicio de la Formación Río Chico considerado el "Basamento Hidrogeológico" del sistema.

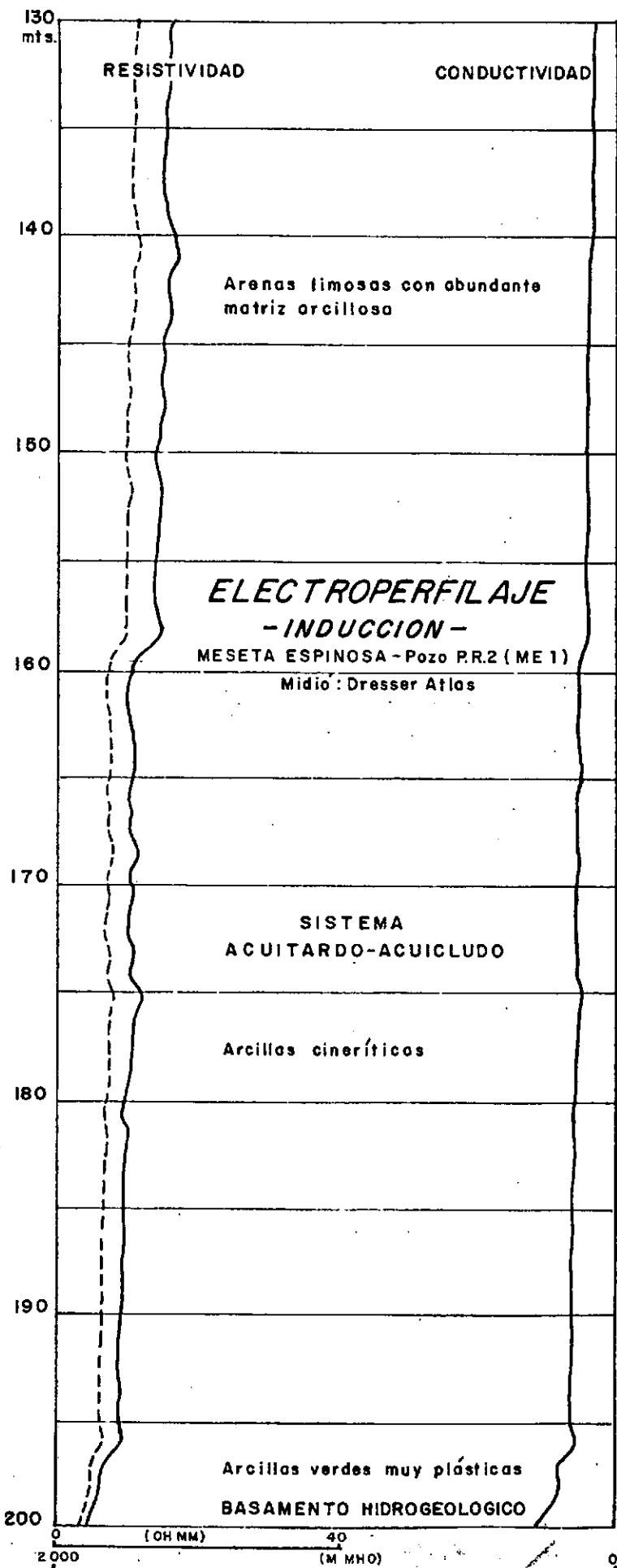
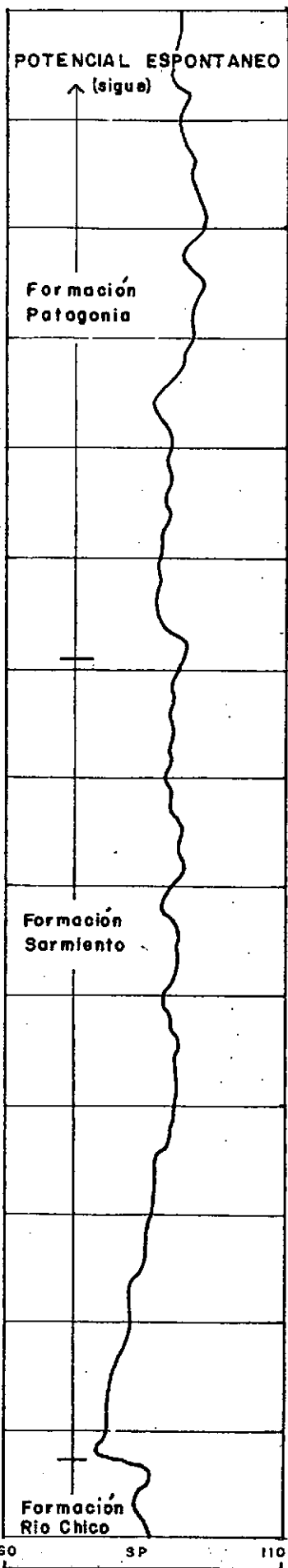
Continuando con el tratamiento de la Formación Patagonia, y como se señalara, sobre la unidad recién descrita se sitúa el acuífero semiconfinado compuesto en general por arenas finas y medianas con intercalaciones de lentes y bancos arcillosos. En el gráfico N° 3 se reproduce el perfilaje eléctrico que corresponde a este sector observándose en el comienzo del registro a los 30 m.b.b.p. un nivel arenoso de buena permeabilidad que prosigue en profundidad con una arcilla parda algo limosa de 8 metros de espesor. Desde ahí continúa con arenas finas y medianas dispuestas en dos bancos cuyos ejes se ubican a las 45 y 62 m.b.b.p. separados por arcillas limo arenosas. El nivel arcilloso verde azulado presente desde los 65 m.b.b.p. limita este acuífero semiconfinado del acuífero confinado más profundo.

El esquema hidroestratigráfico culmina con el acuífero freático correspondiente a los Rodados Patagónicos, con gravas de diverso tamaño, redondeadas a subredondeadas con sábulos y arenas, escasa matriz limo arcillosa, en general sueltos salvo en la sección superior donde presentan cemento carbonático.

Debe señalarse que los pozos de bombeo denominados Meseta Espinosa (M.E.) con numeración correlativa desde 1 a 11 captan el acuífero confinado, mientras que la perforación de exploración llamada ME 50, que se adoptó como pozo de explotación en forma temporal, capta el acuífero semiconfinado.

1.2. Hidrodinámica

En general, y para las dos primeras unidades la recarga es principalmente autóctona directa, con retención temporal en los Rodados lo que determina



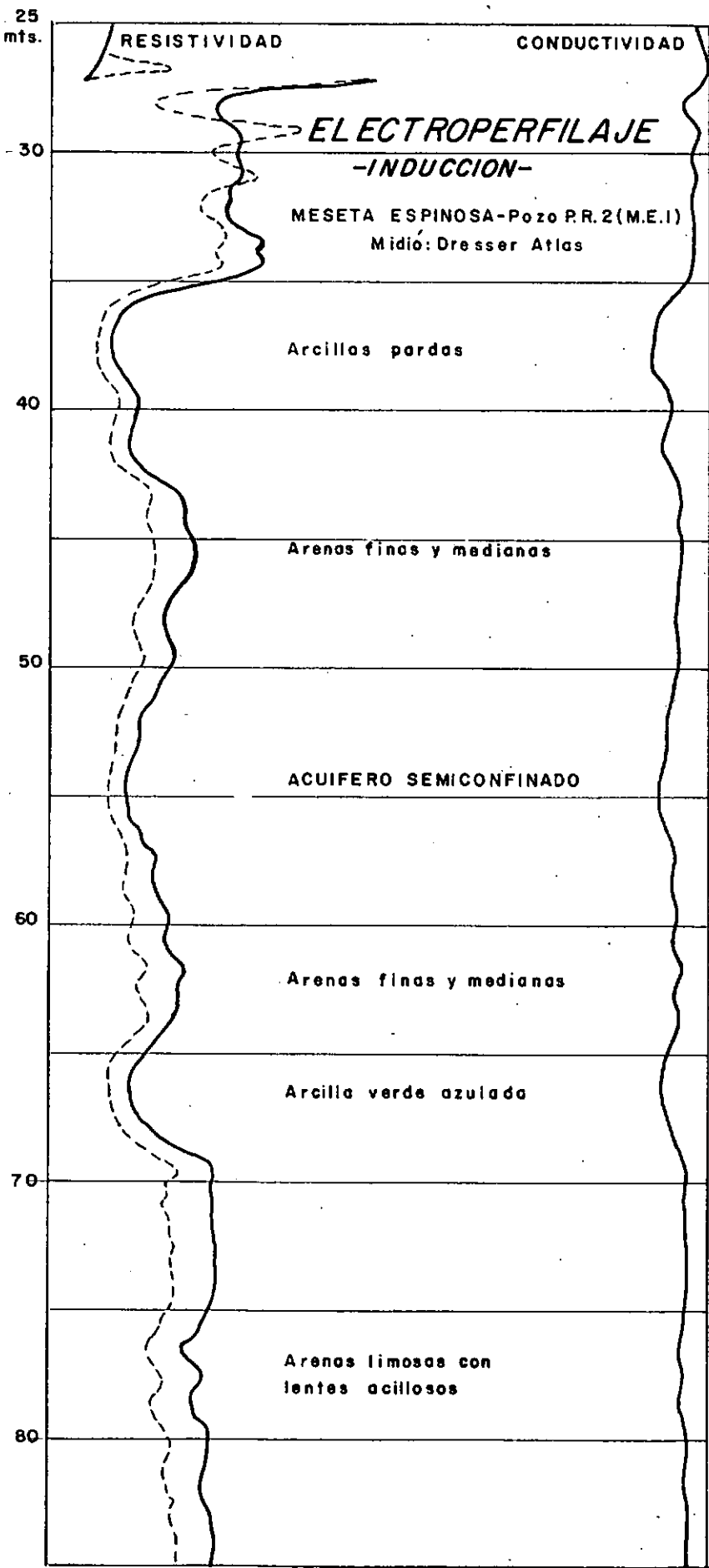
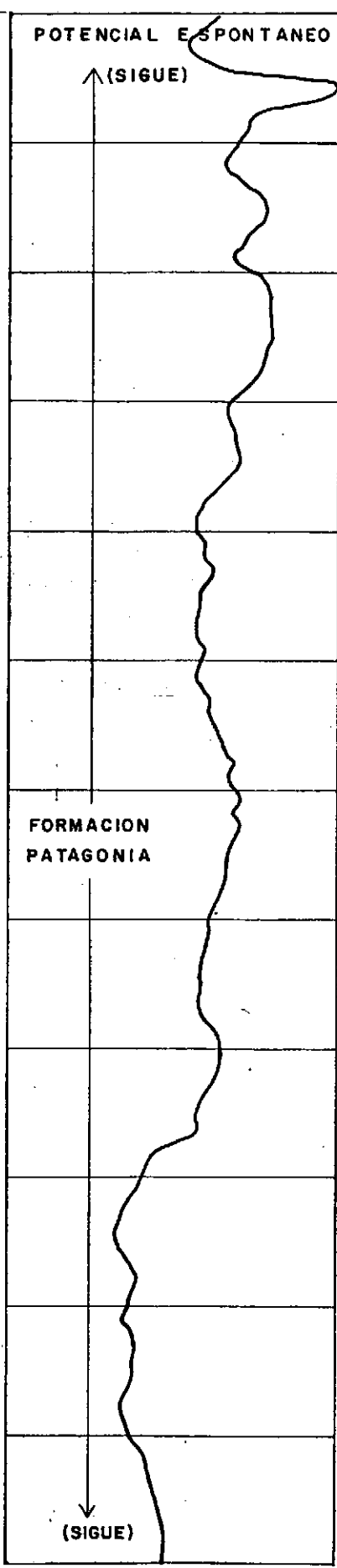
ESQUEMA HIDROESTRATIGRAFICO (MESETA ESPINOSA)

CUADRO Nº 1

MODELO GEOELECTRICO	LITOLOGIA	HIDROESTRATIGRAFIA	G E O L O G I A	
			UNIDAD	EDAD
200-1000	Gravas Arenosas	ACUIFERO FREATICO	Depositos Terrazados	Cuaternario
4-150	Arenas Limosas con Lentes Arcillosos	ACUIFERO SEMICONFINADO	Formación Patagonia	Oligoceno Mioceno
20-60	Arenas Limo-Arcillosas	ACUIFERO CONFINADO		
2-15	Arcillas Cineríticas	SISTEMA ACUITARDO-ACUICLUDO	Formación Sarmiento	Eoceno-Oligoceno
0.5-8	Arcillas Plásticas	BASAMENTO HIDROGEOLOGICO	Formación Rio Chico	Paleoceno

T E R C I A R I O

ELABORO: Ricardo Gonzalez Arzac
 DIBUJO : Alejandro Luis Galimberti
 FECHA : Setiembre 1986



CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

una profundidad de los niveles de 30 metros en el semiconfinado y 5 metros en el freático, en este caso con agotamiento total en las épocas de déficit. Para el acuífero confinado además de la filtración vertical el aporte es alóctono, producido en los afloramientos arenosos del Patagoniano ubicados al oeste del área (zona Las Heras). Los niveles piezométricos en esta unidad se sitúan entre 65 y 70 metros de profundidad.

La dirección de escurrimiento es predominante hacia el este-sudeste, con muy baja velocidad, y la descarga general del sistema se produce hacia el Gran Bajo Oriental y hacia los cañadones Esther, Quintar, Etchehourri y Seco.

1.3. Hidroquímica

Los análisis químicos de las muestras obtenidas, y la elaboración de los resultados, permiten confirmar el esquema hidroestratigráfico propuesto con tenores para el acuífero confinado de 600 p.p.m. de residuo seco, 150 a 170 p.p.m. de cloruros, 110 a 140 sulfatos, 160 a 180 de bicarbonatos y de 1,8 a 2 p.p.m. de fluoruros. En la unidad semiconfinada la salinidad es mayor con tenores de 700 p.p.m. de residuo seco, 220 a 230 p.p.m. de cloruros, 80 a 90 de sulfatos, 240 a 270 de bicarbonatos y 4 a 5 de fluoruros.

La clasificación de familias de aguas para el primer caso determina el tipo bicarbonatada clorurada sulfatada sódica, y para el semiconfinado bicarbonatada clorurada sódica. En las áreas de descarga cambia la condición pasando en los cañadones al tipo clorurada sulfatada sódica (como en las cañadones de Cañadón Quintar), y en las zonas distales a clorurada sódica. En la base del sistema por influencia del acuitardo-acuífero de la Formación Sarmiento la característica es clorurada sódica.

Localmente pueden ocurrir variaciones producto de los trabajos de perforación petrolífera, habiéndose constatado surgencia natural de aguas altamente salinizadas de acuíferos profundos además de sospecharse interconexiones verticales entre el sistema estudiado y esos acuíferos, producidos por error en la instalación de la cañería de aislación.

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

Por otra parte se observó una incipiente corrosión microbiológica en las instalaciones producto de la acción de bacterias oxidantes del hierro y reductoras de sulfatos propagadas en toda la zona (sobre este tema se presentará un informe oportunamente, debiéndose asignarlo al capítulo V. Emprendimientos colaterales).

1.4. Hidráulica

La información hidráulica surgió de la evaluación de los datos obtenidos de ensayos de bombeo o caudal constante y recuperación (en los casos en que se contó con pozos de observación), pruebas de recuperación (cuando sólo se dispuso de perforación de bombeo), y ensayos de bombeo a caudal variable con tres determinaciones crecientes.

Importa a este punto una generalización de las condiciones hidráulicas más que el tratamiento pormenorizado por pozo que se abordará más adelante.

Así, los ensayos de permeabilidad permiten generalizar para el acuífero freático valores desde 50 m/día a 1 m/día según las proporciones de cemento y matriz contenidos en los Rodados Patagónicos. Los niveles arenosos de la sección semiconfinada indicaran 2×10^{-2} m/día, mientras que el acuífero confinado presenta una permeabilidad variable entre 0,5 y 5×10^{-2} m/día.

Para el área de explotación la elaboración de los ensayos de bombeo y pruebas de recuperación permite generalizar para el acuífero confinado una transmisibilidad de carácter regional de $25 \text{ m}^2/\text{día}$ y un coeficiente de almacenamiento de 4×10^{-4} . En el caso de la sección semiconfinada los valores obtenidos son mayores, con 70 a $115 \text{ m}^2/\text{día}$ y desde 3×10^{-3} hasta 4×10^{-4} . Los caudales característicos medidos fueron de 0,30 y $1 \text{ m}^3/\text{h}$ por metro de depresión respectivamente.

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

2. SELECCION DEL AREA DE EXPLOTACION

A partir de los resultados preliminares de la prospección geohidrológica que abarcó aproximadamente un área general de estudio de 2.000 km², con mayor detalle en 900 km² (Mapa N° 1) se seleccionó el área de explotación para la instalación del sistema de captación. Los criterios utilizados surgieron de la exploración geoelectrica, de la ejecución de las perforaciones de reconocimiento litológico, del control químico sistemático y de las pruebas de bombeo.

Así pudo establecerse con certeza la uniformidad de las condiciones geohidrológicas para la zona comprendida entre el límite de Meseta Espinosa con el Gran Bajo Oriental por el norte y los cañadones situados al este, extendiéndose con seguridad hacia el sur hasta las proximidades de El Cerdón y hacia el oeste hasta la Estancia Jeich y la Planta El Huemul.

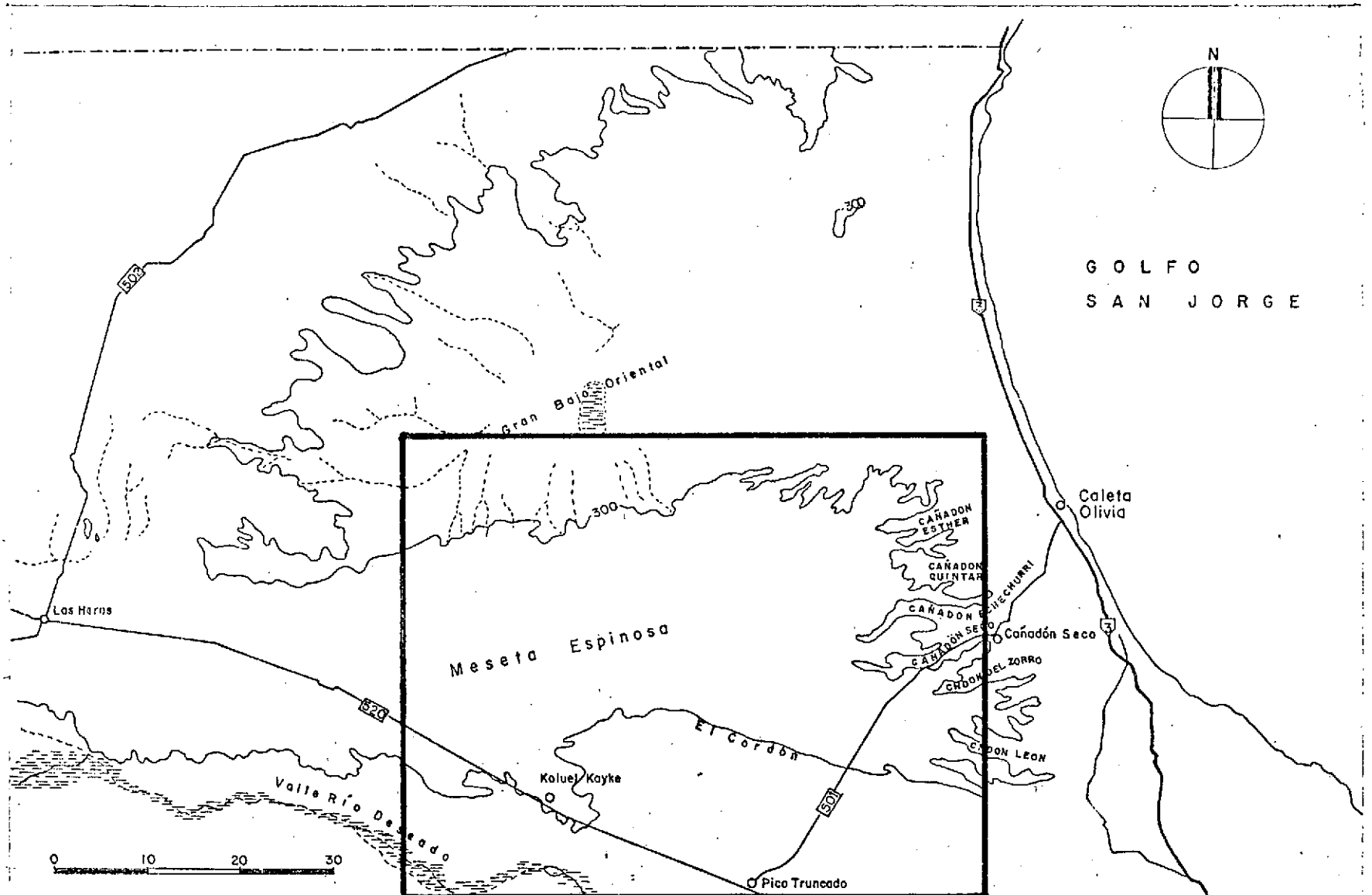
Por consiguiente, y a los fines prácticos, se optó por localizar el sistema de captación en el extremo noreste de la zona estudiada, dada la proximidad con el acueducto instalado en Cañadón Quintar lo que disminuyó los plazos y los costos de las obras de vinculación con las instalaciones existentes.

En cuanto al esquema vertical se optó por captar únicamente el acuífero confinado, y sólo parcilamente, al oponerle las particularidades del resto del esquema. La fundamentación resumida responde a las siguientes pautas:

- el acuífero freático se descarta debido a la progresiva disminución de los niveles detectada a lo largo del ciclo anual, que llega en épocas al agotamiento total;
- el acuífero semiconfinado, si bien aloja importantes volúmenes de agua, presenta elevados contenidos de fluoruros que alcanzan a 5 p.p.m. (el límite máximo tolerable es de 2 p.p.m.), y además sometido a bombeo genera un amplio cono de depresión (1.850 metros de radio de influencia para 1 día de bombeo) que obligaría a distanciar extremadamente los posibles pozos de explotación entre sí.

AREA DE ESTUDIO

MAPA Nº 1



CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

- en el caso del acuífero confinado, y comparándolo con el anterior, si bien presenta algunas variaciones litológicas verticales, se comprueba una importante continuidad lateral que sumada a una menor salinidad total (600-700 p.p.m. de residuo seco), un contenido de fluoruros por debajo del límite máximo tolerable, un mayor espesor saturado, y además condiciones hidráulicas propicias marcan sin duda la conveniencia de explotar la unidad confinada;

- también se descartó la captación conjunta de ambos acuíferos teniendo en cuenta el caudal característico ofrecido y la reducida columna de agua comprendida entre el nivel estático y el primer tramo de filtros que debiera instalarse.

Ahora, y según se indicó anteriormente, sólo se captó la sección superior del acuífero confinado descartando la porción comprendida entre los 130 m.b.b.p. y la base, debido a la importante disminución de la permeabilidad al aumentar la fracción arcillosa que como matriz acompaña a las arenas limosas, e incluso pasa al final de la secuencia a arcillas arenosas. Esta situación conduce además a un aumento gradual de la salinidad total en profundidad generando una importante zonación química vertical.

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

3. PERFORACIONES DE EXPLOTACION

Se reseñan brevemente las generalidades de las doce perforaciones de explotación que conforman la Batería 1 Meseta Espinosa, con la finalidad de transmitir los criterios seguidos para su construcción y los resultados químicos e hidráulicos obtenidos.

3.1. Ubicación

Según el croquis N° 1 la disposición de los pozos de explotación se efectuó en forma radial a partir de la cámara de carga situada en el punto central, con mayor densidad hacia el oeste, alternando los pozos en dos semi-círculos. Comenzando desde el norte el primero de los abanicos queda conformado por los pozos M.E. N° 6, 2, 3, 1, 5 y 7, mientras que el semi-círculo más alejado contiene los pozos M.E. N° 8, 9, 10 y 11. Las perforaciones M.E. N° 4 y 50 se sitúan junto a la cámara de carga.

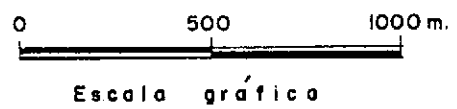
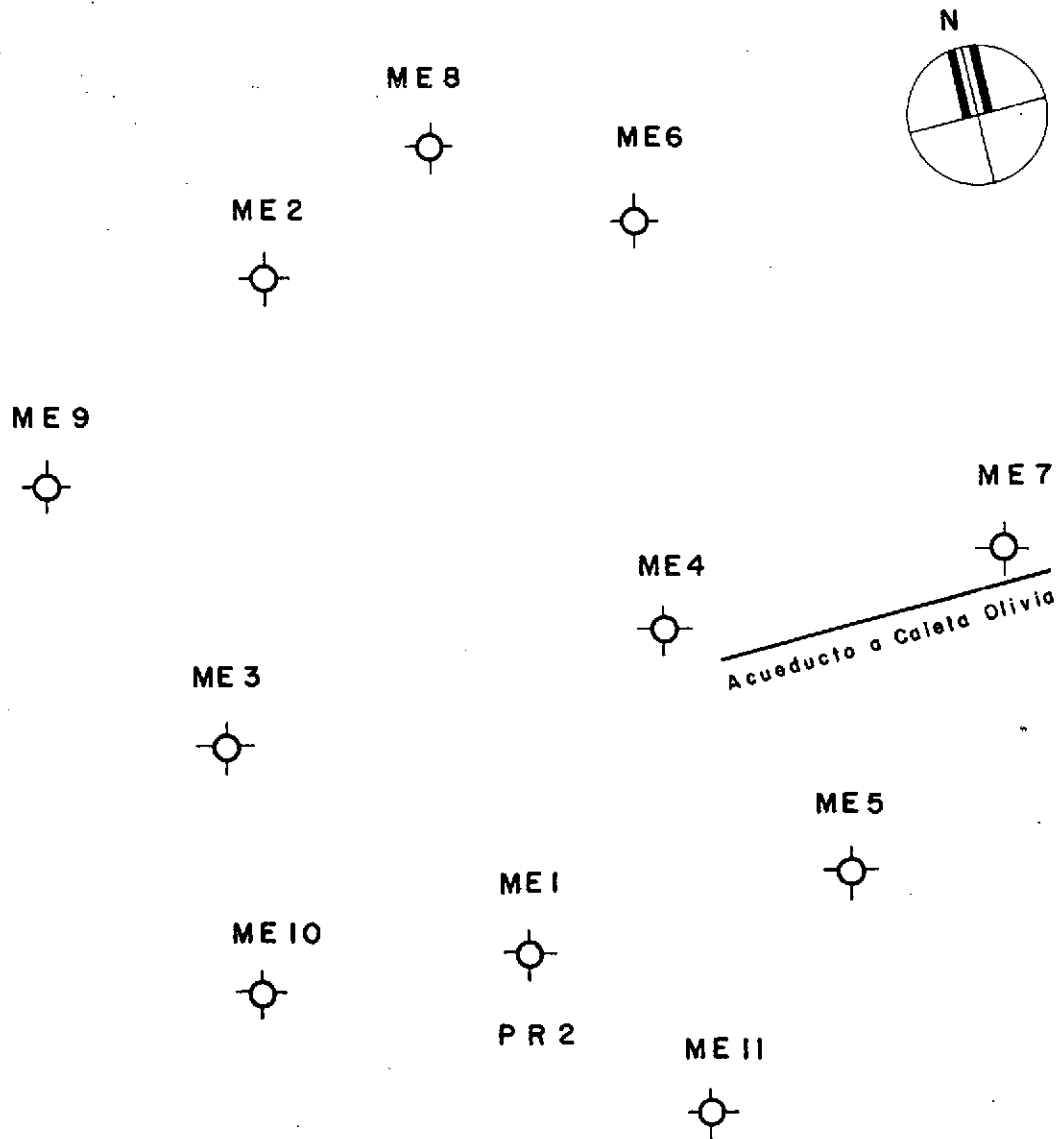
En principio, y hasta contar con datos hidráulicos certeros, se optó por distanciar preventivamente los pozos entre 800 y 1100 metros entre sí y desde el eje central, para luego intercalar en las mediatrices los últimos cuatro pozos aumentando la distancia con respecto a la cámara de carga pero disminuyendo el distanciamiento entre esos pozos y los construí dos a 700 metros, separación más adecuada para los radios de influencia calculados.

Por otra parte y si bien se procuró que la Batería 1 fuera un sistema independiente de producción, debe señalarse que el pozo M.E. 7, situado hacia el este de la cámara de carga, puede ser influido por los pozos de explotación preexistentes N° 31 y 32 de Cañadón Qintar si no se atienden condiciones racionales de funcionamiento.

3.2. Características constructivas

Sin considerar los pozos de observación, la Compañía de Agua del Ejército Argentino ejecutó 10 perforaciones de explotación, mientras que la

BATERIA MESETA ESPINOSA Nº 1



CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

Subadministración Santa Cruz Norte de Y.P.F. realizó las dos restantes (M.E. N° 2 y 10), no difiriendo sustancialmente los procedimientos de construcción.

Los trabajos de perforación se realizaron mediante rotación por circulación directa con lodo bentonítico, aislando con cañería de maniobra de 14 pulgadas de diámetro el tramo superior de la secuencia correspondiente a los Rodados Patagónicos con la finalidad de evitar desmoronamientos y pérdidas del fluido de inyección. Luego, por dentro, se perforó con trépano trícono de 8 pulgadas recuperándose muestras de cutting por retorno y adecuando convenientemente el pozo para el registro de perfilaje eléctrico, para continuar luego con 13 pulgadas hasta la profundidad definitiva.

Definido el entubamiento a colocar se procedió a alivianar el lodo de inyección instalándose la cañería definitiva que se unió con costura soldada completa. El primer tramo de caño, o sea el que asoma sobre la superficie, es del tipo roscado con la finalidad de facilitar la colocación de cañería suplementaria para el desalojo de agua durante el desarrollo.

Continuó luego el engravado por gravedad desde la superficie con circulación lenta de fluido, y una vez concluido este trabajo se procedió al lavado del pozo con agua limpia y desarrollo por jet de agua a presión operando la bomba de lodo del equipo y por jet de aire inducido con compresor. En el caso del equipo de Y.P.F. el desarrollo se ejecutó por cucharreo.

Finalmente se efectuó bombeo mediante compresor seguido de incentivación por sobre bombeo con electrobomba sumergible, completándose así las tareas de desarrollo.

Se señala que (como se verá) las diferencias existentes en la producción de los distintos pozos deben sin ninguna duda asignarse a la falta de regularidad y efectividad de los trabajos de desarrollo, (vinculado con las condiciones existentes durante el engravado) al oponerse perforaciones con idéntico diseño y construídas en una zona con condiciones geohidrológicas homogéneas.

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

3.3. Diseño

Los elementos de juicio para la definición del diseño de las perforaciones surgieron del análisis de las muestras de sedimento obtenidas durante la construcción y de la interpretación de los registros de perfilaje eléctrico realizados. A estos elementos se le sumaron los criterios generales de diseño aplicados a las características particulares del acuífero a explotar, a saber:

- la captación de agua se restringe al acuífero confinado exclusivamente (ver punto 2. Selección del área de explotación);
- se establece una profundidad máxima de penetración comprendida entre 125 y 135 metros debido a la importante disminución de permeabilidad y consecuente aumento de salinidad, situación comprobada a partir de dichas profundidades y hasta la base del acuífero;
- se respeta el principio de funcionamiento de los pozos en producción, donde el nivel dinámico de agua no debe descender por debajo de la cañería filtro. De no cumplirse esta premisa disminuye la vida útil de los filtros acelerándose los efectos de corrosión (en este caso), aumenta la proporción de oxígeno disuelto en el agua, y pueden provocarse daños mecánicos en los equipos de bombeo;
- se deshecha el entubamiento telescópico (con disminución progresiva del diámetro de cañería), adoptándose un diseño uniforme de la columna, y sin cañería de aislación;
- se define el diámetro común para el entubado en 8 pulgadas, basado solamente en función de los equipos de bombeo sumergibles que se instalarán y no en el diámetro necesario para la admisión de agua por los filtros (que hubiese permitido disminuirlo considerablemente);
- se optó por instalar filtros del tipo ranura continua por ofrecer mayor superficie filtrante, favorecer las tareas de desarrollo, y retardar los efectos de corrosión e incrustación al oponerle los filtros del tipo persiana;

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

- en particular se descarta la utilización de la denominada "grava de la Lobería" extraída de canteras ubicadas en las playas aledañas a Caleta Olivia por su tamaño granulométrico excesivo, por la alta proporción de restos calcáreos, y por la elevada proporción de individuos con alto índice de platitud (achataamiento) y de circularidad que disminuyen notablemente el área filtrante;

- se adopta para la construcción de los prefiltros el tipo de "grava seleccionada", con el tamaño granulométrico adecuado a la condición del acuífero, con alta pureza composicional (predominantemente cuarzosa), y con alto índice de esfericidad (ver gráfico N° 4 con la comparación granulométrica entre ambos tipos).

3.3.1. Cañería filtro - Prefiltro de grava

En base a los resultados de los análisis granulométricos realizados sobre las muestras de sedimento obtenidas de las perforaciones se efectuó el cálculo de la abertura de ranura del filtro y el tamaño del prefiltro de grava a instalar. Como ejemplo se reproduce el análisis granulométrico por tamizado correspondiente al pozo Meseta Espinosa N° 1 para la muestra comprendida entre 120 y 122 metros bajo boca de pozo (Gráfico N° 5), donde se observa la curva acumulativa de los porcentajes retenidos y la planilla de datos con el detalle del análisis. De los resultados de los porcentajes retenidos en cada tamiz se desprende que la mayor fracción, que alcanza a un 40%, corresponde a una arena fina (0,125 - 0,250 mm) con proporciones levemente subordinadas de arena mediana (0,250 - 0,500 mm) con un 32%, y en menor medida arena muy fina (0,062 - 0,125 mm).

El procedimiento de cálculo del tamaño de grava y abertura de ranura de filtro consistió en:

- en primer lugar se establece la necesidad de colocar prefiltro de grava por ser el Diámetro Efectivo (D_e) menor a 0,3 mm. En este caso $D_e = 0,06$ mm;

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO.

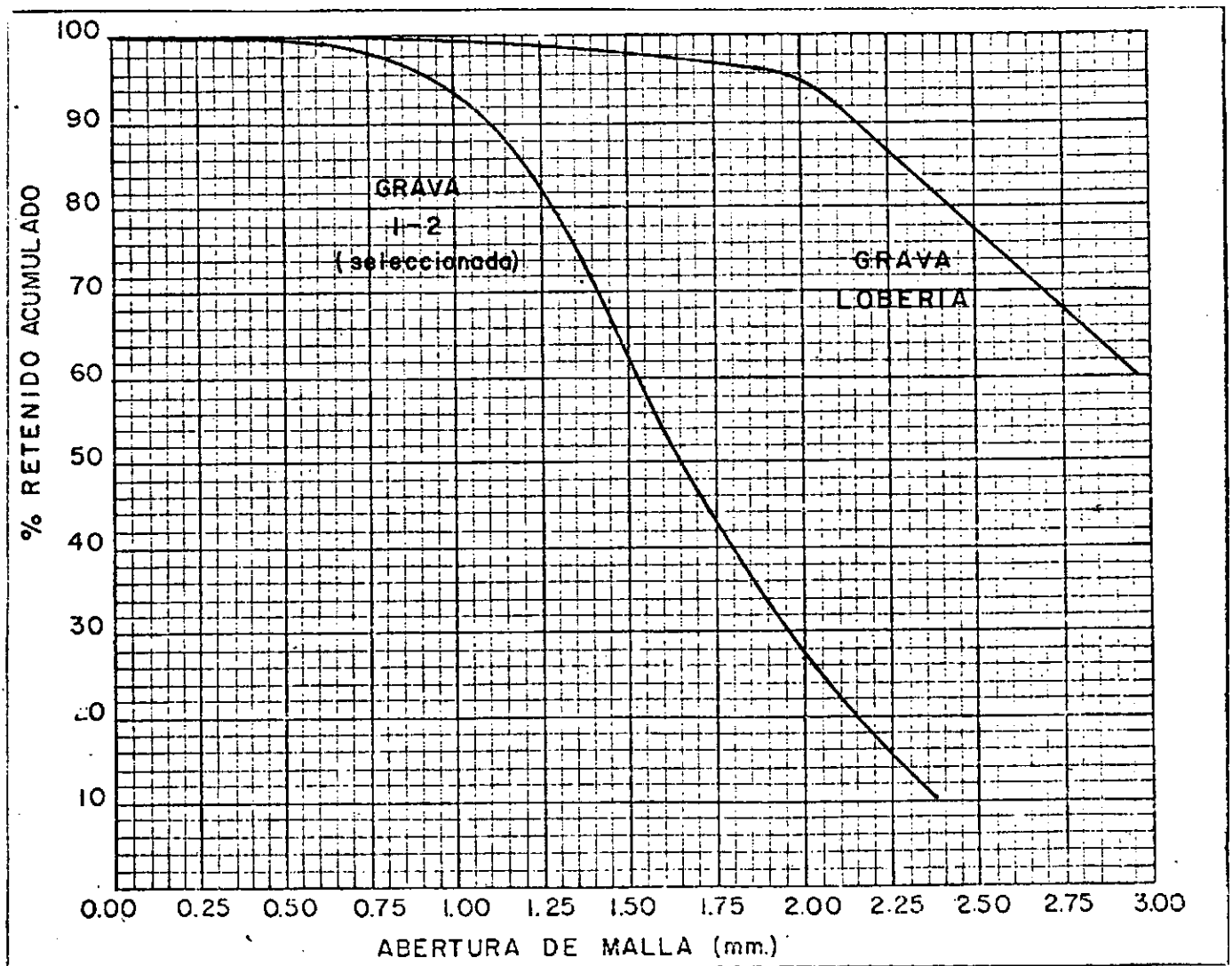
Localidad: Caleta Olivia (Meseta Espinosa).

Departamento: Deseado.

Provincia: Santa Cruz.

Muestras: Grava Lobería y Grava 1-2. (seleccionada)

GRAFICO N°4



GRAVA LOBERIA

TAMIZ		% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	DIAMETRO EFECTIVO ($d_{10} = 90\% \text{ ret.}$)
N° A.S.T.M.	MALLA (mm)			
4	4,76	17,9	17,9	2,15 mm
10	2	77,9	95,8	
16	1,19	3,7	99,5	
50	0,29	0,2	99,7	
100	0,149	0,4	100,1	COEF. DE UNIFORMIDAD $\frac{d_{60}}{d_{10}} = \frac{40\% \text{ ret.}}{90\%}$
200	0,074	-	-	
Fondo	-	0,4	100,5	1,59

OBSERVACIONES

.....

GRAVA 1-2

TAMIZ MALLA (mm)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	Diámetro efectivo ($d_{10} = 90\% \text{ ret.}$)
4,8	-	-	1,10 mm
2,38	11,20	11,20	
2,00	16,20	27,40	
1,19	59,80	87,20	Coef. de uniform. $\frac{d_{60}}{d_{10}} = \frac{40\% \text{ ret.}}{90\%}$
0,59	12,58	99,78	
0,59	0,22	100,00	1,66

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

LOCALIDAD Careta Olivia (Meseta Espinosa)

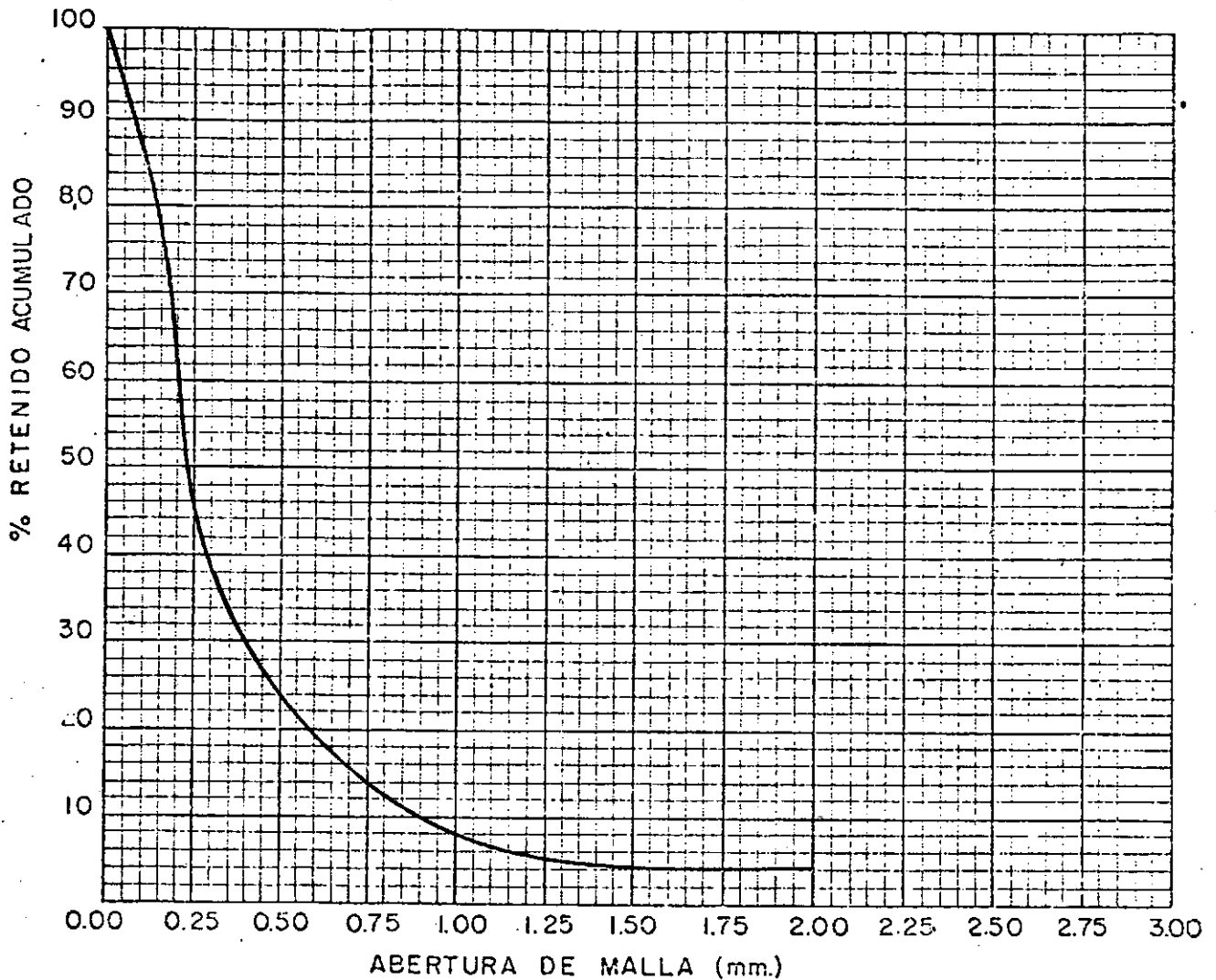
PERFORACION M. E. 1

DEPARTAMENTO Deseado

Nº DE MUESTRA

PROVINCIA Santa Cruz

PROFUNDIDAD 120-122 m



TAMIZ		% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	DIAMETRO EFECTIVO ($d_{10} = 90\% \text{ ret.}$)
Nº A.S.T.M.	MALLA (mm)			
4	4,76	-	-	0,06 mm
10	2	4,25	4,25	
16	1,19	1,41	5,66	
50	0,29	32,55	38,21	
100	0,149	40,57	78,78	COEF. DE UNIFORMIDAD $\frac{d_{60}}{d_{10}} = \frac{40\% \text{ ret.}}{90\%}$
200	0,074	11,79	90,57	
Fondo	-	9,43	100	$\frac{0,28}{0,06} = 4,66$

OBSERVACIONES

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

- luego para el cálculo del tamaño de grava se multiplica por 5 el valor correspondiente al diámetro del 50% retenido, y el resultado corresponde al tamaño medio de la grava que deberá utilizarse. En este caso $0,24 \text{ mm} \times 5 = 1,20 \text{ mm}$, y tomando una tolerancia de $\pm 25\%$ se obtuvo un rango de $0,90$ a $1,50 \text{ mm}$. Finalmente adecuando estos valores a los tipos comerciales, se colocó grava encuadrada en los rangos $0,93$ a $1,43 \text{ mm}$ y $1,43 \text{ mm}$ a $2,20 \text{ mm}$;

- después, a partir del valor menor de grava, o sea $0,93 \text{ mm}$, se define la abertura de la ranura de filtro adoptando el tipo comercial más próximo de menor tamaño, esto es $0,75 \text{ mm}$. Por consiguiente en la totalidad de los pozos de explotación ejecutados se instalaron filtros de ranura continua de $0,75 \text{ mm}$ de abertura y prefiltro de grava comprendida entre $0,93$ y $2,20 \text{ mm}$.

Con respecto al material del filtro, inicialmente se utilizaron del tipo galvanizado (pozos M.E1, M.E3 y M.E4) para luego cambiar a acero inoxidable ante las evidencias encontradas referentes a corrosión (luego determinadas de origen biológico y no químico) en las instalaciones.

Con respecto al diámetro, y según lo señalado en el punto anterior, la adopción del tamaño de 8 pulgadas se debió únicamente a ponderar la instalación futura de electrobombas sumergibles de poco más de 5 pulgadas que permitieran libremente la introducción dentro del pozo de sondas de registro de niveles. En este caso no se condicionó la elección del diámetro a la capacidad de admisión de agua por metro lineal de filtros debido a la falta de correspondencia entre esas tablas y las condiciones del acuífero.

Igual razonamiento se aplicó a la definición de la longitud de los filtros, decidiendo instalar en general entre 25 y 30 metros en un sólo tramo soldado (sin intercalaciones) y en la parte inferior del pozo, quedando una columna de agua por encima del nivel de filtros de aproximadamente 35 metros que, si se considera un caudal característico de $0,3 \text{ m}^3/\text{h}$ por metro de depresión, brindaría una producción de $10,5 \text{ m}^3/\text{h}$.

Debe señalarse que la definición de la longitud de los filtros deparó numerosos inconvenientes, así en el primer pozo construido (M.E1) se colocaron 30 metros, luego en la pretensión de disminuir costos y ante la presencia

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

de un destacado espesor de 5 a 6 metros de arenas francas se probó enfrentarlos a sólo 9 metros de filtros en el pozo M.E2 para aumentar a 18 metros en el M.E3. Las pruebas de bombeo evidenciaron el déficit del razonamiento sostenido por lo cual se debió rehacer el pozo M.E2 (que además presentaba inconvenientes en el engravado con continuo arrastre de arena de formación) quedando el M.E.3 como pozo de baja producción. Desde ese momento se entubaron los pozos restantes con 25 a 30 metros de filtros resolviéndose los inconvenientes planteados al adoptarse el criterio arriba descripto.

3.3.2. Cañería ciega

Comprende la tubería denominada prolongación de filtros, que vincula los filtros con la superficie del terreno, y además el caño depósito ubicado al fondo de la perforación.

En ambos casos se instaló cañería de acero negro común, sin costura, biselada y soldada con costura completa, de 6,35 mm de espesor. La cañería es de primer uso, con excepción del pozo M.E.2 cuya cañería ciega fue suministrada por Y.P.F., lamentablemente de rezago, lavada y recuperada, pero con algunos restos de hidrocarburos. Obviamente esta situación no debiera repetirse, ya que tratándose de una perforación de explotación de agua para consumo humano los riesgos nunca serán compensados con un supuesto ahorro de costos.

Otra condición asumida al diseñar los entubamientos fue la de establecer la longitud del depósito en aproximadamente 1 metro, al considerar que la función de este caño es sólo alojar cualquier material que pueda ingresar accidentalmente al pozo desde la superficie o bien contener temporalmente los residuos de eventuales limpiezas que puedan realizarse. Queda descartado expresamente el concepto de colocar grandes longitudes del depósito para la instalación (en esa posición) de los equipos de bombeo, como en casos se realiza actualmente en el sistema de captación "Cañadón Quintar".

3.4. Aspectos químicos

La caracterización química del agua subterránea puede resumirse de la siguiente manera:

- el acuífero confinado contiene aguas del tipo bicarbonatadas cloruradas sulfatadas sódicas, mientras que en la unidad semiconfinada la característica es bicarbonatada clorurada sódica;

- el grado de mineralización es mediano con valorizaciones de 500 a 700 mg/l de contenido total de sales expresado como Residuo Seco a 105°C. Esto ubica al recurso explotado por debajo de los valores aceptables, y en la mayoría de los casos dentro de los valores aconsejables de acuerdo a las normas de calidad del Servicio Nacional de Agua Potable;

- la unidad confinada presenta tenores de 130 a 200 mg/l de cloruros, 100 a 180 mg/l de sulfatos y 150 a 180 mg/l de bicarbonatos. El acuífero semiconfinado contiene 180 mg/l de cloruros, 60 mg/l de sulfatos, y 260 mg/l de bicarbonatos. En ambos casos los contenidos son aptos para consumo humano;

- deben tenerse en cuenta posibles influencias de los pozos petrolíferos existentes, dado que se detectó en algunos casos acción de aguas surgentes profundas altamente salinizadas que por corrosión en las cañerías se disipa en el acuífero captado;

- los tenores de fluoruros para los pozos de explotación son elevados, levemente superiores o inferiores al límite máximo admitido de 2 mg/l. Debe tenerse en cuenta que al repetir los análisis de contenido de fluoruros, correspondientes a un mismo pozo, se han encontrado diferencias en los resultados, por lo cual debiera asumirse que las valorizaciones generales son de 2 mg/l en el origen para luego controlar posibles alteraciones al iniciar la explotación.

P O Z O	ME1		ME2	ME3		ME4	ME5	ME6	ME7	ME8	ME10	ME50	
	GEOAGRO	SPSE	GEOAGRO	GEOAGRO	SPSE	SPSE	GEOAGRO	GEOAGRO	GEOAGRO	GEOAGRO	GEOAGRO	GEOAGRO	SPSE
Conduct. Especif. ($\mu\text{mho/cm}$)	964	860	1054	1327	2420	940	926	1159	1045	1231	963	1118	1050
pH	8	8.2	7.9	7.8	7.9	8.52	7.9	8.1	8	8.2	8.1	7.7	7.7
Residuo	645	663	602	765	1513	1278	532	629	625	700	565	656	656
Alcalinidad total	150	140	126	58	117	143	150	128	134	113	198	217	231
Dureza total	68	70	60	77	120	68	58	86	59	74	63	71	75
Bicarbonatos	188	-	154	173	-	-	183	157	163	157	171	265	-
Cloruros	138	140	137	194	258	150	106	182	144	166	127	181	165
Sulfatos	150	110	163	186	200	180	100	137	140	141	120	60	64
Nitratos	5	9	0.5	0.5	9	0	1	0.5	0.6	1	0.5	6	18
Calcio	14	10	14	16	26	12	14	16	13	18	14	19	18
Magnesio	8.4	11	6	9	13	9	5	7	6.4	7	6.8	6	7
Sodio	190	-	189	225	-	-	144	193	181	184	172	191	-
Potasio	4.3	-	4.7	5	-	-	4	5	3.9	4	3.9	2.3	-
Fluor	2	1.97	2.5	2	1.82	1.95	2	3	2.4	2.2	1	5.5	3.35
Arsénico	<0.01	-	0.01	0.01	-	-	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	-	-
Sílice	10	-	14	14	-	-	8.8	12	9.2	10.4	12	-	-

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

- en el caso del acuífero semiconfinado las valorizaciones de fluoruros son extremadamente altas con 5,5 mg/l (según Geoagro S.R.L.) y 3,35 mg/l (según Laboratorio S.P.S.E.), por lo cual la explotación del pozo M.E.50 debe realizarse siempre con la condición de mezcla.

- el contenido en arsénico se encuentra dentro del contenido aceptable con 0,01 y hasta 0,02 mg/l.

Por otra parte, y estrictamente en el aspecto bacteriológico, se detectó la acción de corrosión inducida microbiológicamente a partir de la acción de bacterias reductoras de sulfatos y bacterias oxidantes del hierro. Si bien este tema se trata en un informe especial, deben extremarse las precauciones para no propagar la contaminación cuidando no incluir cañería infectada en los nuevos pozos, además de tratar con cloro concentrado las herramientas que se coloquen.

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

3.5. Aspectos hidráulicos

3.5.1. Generalidades

Los resultados que se exponen en este Capítulo son el producto de la elaboración e interpretación de los ensayos de bombeo y pruebas de recuperación que se efectuaron durante el desarrollo de los trabajos. La información generada no es uniforme debido a las condiciones particulares que se presentaron, y que influyen en la obtención de los datos, como por ejemplo la disponibilidad de energía (en casos de línea y en otros de grupo generador); el dispar rendimiento individual de las electrobombas; la dificultades de funcionamiento en las sondas de registro de niveles; y además los inconvenientes propios de las condiciones climáticas imperantes en la zona de trabajo.

Deben agregarse a estas situaciones operativas otras más específicas como las diferencias existentes en el grado de desarrollo alcanzado en los distintos pozos que sumadas a las heterogeneidades resultantes de su construcción conspiran contra la obtención de datos precisos.

De cualquier forma, y a pesar de las dificultades apuntadas, pueden considerarse suficiente la información recabada tal que permite formular un diagnóstico hidráulico certero que cumple con los objetivos propuestos inicialmente.

Previo al análisis individual de las perforaciones se reseñaran las tareas cumplidas en la generación de los datos, los procedimientos adoptados para su interpretación, y las particularidades asumidas para su evaluación.

En primer lugar, y como se señalara, el origen de los datos surgió de:

- Ensayos de bombeo a caudal constante con registro de niveles durante el descenso y la recuperación en pozos de extracción y de observación (M.E.2, M.E.4 y M.E.50);

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

- Ensayos de bombeo a caudal constante con registro de niveles durante la recuperación en pozos de extracción (M.E.1, M.E.3, M.E.6, M.E.7, M.E.8 y M.E.10);

- Ensayos de bombeo a caudal variable y creciente con registro de niveles durante el descenso (M.E.1, M.E.2, M.E.4, M.E.6, M.E.8 y M.E.10);

- Ensayos de permeabilidad por carga variable (M.E.6; pozos de reconocimiento N° 5, 6, 7 y 8; y pozos de observación N° 2 y 3 del M.E.2, y N° 1, 2 y 3 del M.E.4).

La elaboración e interpretación de los datos respondió a los siguientes métodos tradicionales:

- De Recuperación de Theis, único método de procesamiento de ensayos cuando no se cuenta con pozos de observación. Igualmente se aplicó al resto de las pruebas con la finalidad de contar con una base de comparación homogénea y así poder evaluar los resultados y su validez.

- Métodos de Theis, Jacob y Chow: aplicable a ensayos realizados con pozos de observación;

- Método del cociente o Jaeger: adoptado como control de los anteriores, debido a las diferencias obtenidas en el valor de transmisibilidad; y

- Método de Gilg - Gavard para determinación de permeabilidad.

La evaluación de los resultados muestra un notable ajuste de los valores de transmisibilidad (T) obtenidos mediante los métodos de Theis, Jacob, Chow y Jaeger mientras que los resultantes del procedimiento Recuperación de Theis no se corresponden con la tendencia general. Con respecto al cálculo de almacenamiento (S) los valores son uniformes para Theis, Jacob y Chow mientras que los resultados por Jaeger son excesivos. Como ejemplo se reproducen los datos de T ($m^2/día$) y S obtenidos de los pozos M.E.2 y M.E.4.

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

POZO Nº	RECUP.THEIS	THEIS		JACOB		CHOW		JAEGER	
	T	T	S	T	S	T	S	T	S
M.E. 2	101.0	19.1	7.9×10^{-4}	24.7	4.7×10^{-4}	24.7	4.9×10^{-4}	21.8	1.6×10^{-1}
M.E. 4	12.5	24.6	2.4×10^{-4}	24.7	2.0×10^{-4}	23.5	7.1×10^{-4}	25.1	2.6×10^{-2}

En base a esta comparación se asumió como parámetro de carácter zonal una transmisibilidad de $25 \text{ m}^2/\text{día}$ y un coeficiente de almacenamiento de 4×10^{-4} , valores generalizados para los cálculos de radio de influencia y eficiencia de pozo.

Con respecto a la permeabilidad el método de Gilg - Gavard permitió generalizar valores uniformes para el acuífero captado y en toda el área que van desde $0,5 \times 10^{-2}$ hasta $5 \times 10^{-2} \text{ m/día}$, que en principio se consideran algo disminuídos.

3.5.2. Eficiencia de las captaciones

Para el cálculo de eficiencia se pretendió utilizar en principio los resultados de los ensayos de bombeo a caudal variable, pero los valores obtenidos de los procedimientos gráficos no mostraron correspondencia con el comportamiento real de los pozos, por lo que se decidió recurrir al siguiente método analítico que considera:

$$\mu = \frac{S \cdot r^2}{4T \cdot t} ;$$

luego por tabla W (μ) ;

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

$$s_t = \frac{Q \cdot W(\mu)}{4 \cdot T} ; y$$

$$E = \frac{s_t}{s_r} \cdot 100$$

donde:

- S = Coeficiente de almacenamiento,
- r = Radio de pozo (m),
- T = Transmisibilidad (m²/día),
- t = Tiempo de bombeo (días),
- μ y W (μ) = Función de pozo,
- Q = Caudal (m³/día),
- s_t = Depresión teórica,
- s_r = Depresión real,
- E = Eficiencia.

A partir de este procedimiento se obtuvieron los siguientes valores por pozo:

Meseta Espinosa 1:	54,46%
Meseta Espinosa 2:	73,56%
Meseta Espinosa 3:	23,08%
Meseta Espinosa 4:	41,91%
Meseta Espinosa 6:	58,97%
Meseta Espinosa 7:	33,54%
Meseta Espinosa 8:	47,88%
Meseta Espinosa 10:	33,49%

En principio debe considerarse que un excelente valor de eficiencia correspondería a un 80-85%, por lo cual deben resaltarse los siguientes razonamientos:

- se justifican los valores de los pozos M.E.3 por disminución del área filtrante (18 metros de filtros) debido al diseño adoptado;

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

- los porcentajes correspondientes a los pozos M.E.8 y M.E.10 quedan fuera de análisis al considerarse incompletas las tareas de desarrollo, por comprobarse arrastre de material al efectuar un censo de control;

- en el pozo M.E.7 convergen en su perjuicio deficiencias constructivas e interferencias desde Cañadón Quintar producidas por los pozos N° 31 y 32;

- para el resto de las captaciones los valores son ligeramente bajos en el caso del M.E.4, óptimos en los pozos M.E.1 y M.E.6, y excelentes en M.E.2.

3.5.3. Radio de influencia

El cálculo del radio de influencia (R) por bombeo se calculó en base a:

$$R = 1,5 \sqrt{\frac{T \cdot t}{S}}$$

donde T = transmisibilidad (m²/día)
t = tiempo de bombeo (día)
S = almacenamiento

Si se consideran los datos de carácter zonal, o sea una transmisibilidad de 25 m²/día y un almacenamiento de $4 \cdot 10^{-4}$, tendríamos por pozo un radio de influencia de 375 metros si se considera un día de bombeo y de 325 metros si el tiempo total fuera de 18 horas.

Ahora considerando las transmisibilidades de cada pozo y sus coeficientes de almacenamiento tendríamos:

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

Pozo N°	T (m ² /día)	S	RADIO DE INFLUENCIA (m)	
			18 horas	24 horas
M.E.1	59,6	4 . 10 ⁻⁴	501	579
M.E.2	24,7	4,7 . 10 ⁻⁴	298	344
M.E.3	19,03	4 . 10 ⁻⁴	283	373
M.E.4	24,76	2 . 10 ⁻⁴	457	528
M.E.6	16,59	4 . 10 ⁻⁴	265	305
M.E.7	9,76	4 . 10 ⁻⁴	203	234
M.E.8	20,32	4 . 10 ⁻⁴	293	338
M.E.10	38,26	4 . 10 ⁻⁴	402	464

Nótese la importancia de regular estrictamente los tiempos de bombeo, según se propone más adelante, con el fin de evitar interferencias entre pozos que irremediamente conducirán a una disminución de la producción y además a una progresiva salinización de la fuente.

3.5.4. Evaluación individual de las captaciones

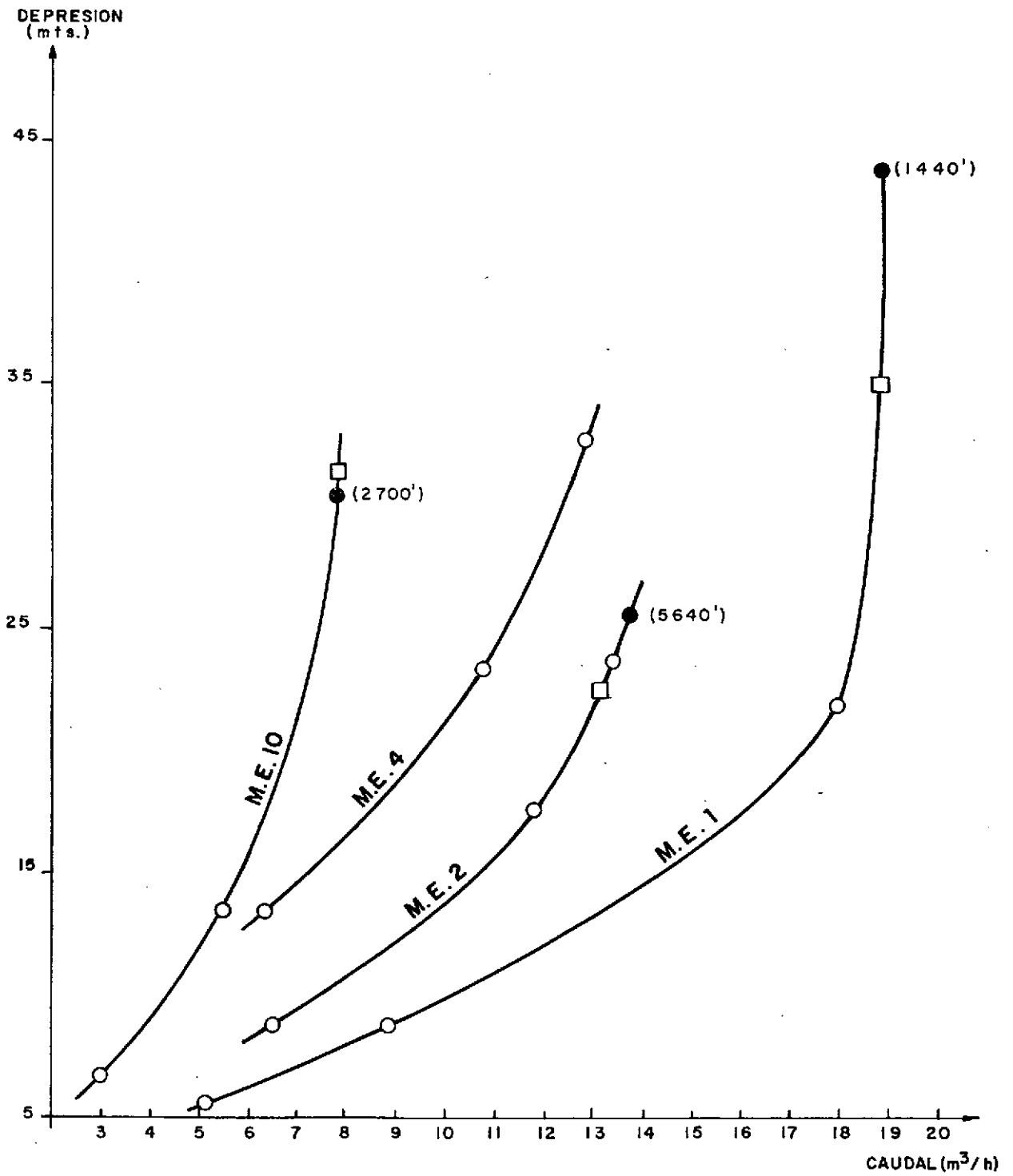
a - Pozo de Explotación N° 1 (M.E.1)

El ensayo de bombeo de este pozo se realizó a un caudal constante de 19 m³/h, durante 24 horas, con una depresión de 43,85 metros lo que determina un caudal característico de 0,43 m³/h . m.

Al no contar con pozos de observación se midieron exclusivamente los niveles en recuperación, procesándolos mediante el método de Recuperación de Theis y obteniendo un valor de transmisibilidad de 59,60 m²/día, que, como se señalara en este mismo punto se lo considera demasiado elevado.

Posteriormente se realizó un ensayo escalonado, con caudal creciente, cuyos datos junto con los anteriores permitieron trazar la curva característica de este pozo (depresión vs. caudal), que permite comprobar que esta perforación tiene un comportamiento hidráulico óptimo y se constituye en uno de los mejores pozos ejecutados.

Pozos de explotación CURVAS CARACTERISTICAS



Datos tomados de ensayos de bombeo a:

- Caudal variable
- Caudal constante
- Producción

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

b - Pozo de explotación N° 2 (M.F)

Esta perforación cuenta con dos pozos de observación (un tercero se descartó por inconvenientes constructivos), los denominados P.O.2 y P.O.3 (en realidad se trata del primer pozo de bombeo realizado que se descartara) que se ubican a 160,80 metros y a 13,26 metros respectivamente del M.E.2.

El ensayo de larga duración a caudal constante se realizó durante 94 horas a $13,8 \text{ m}^3/\text{h}$, provocando una estabilización a 25,57 metros de depresión, resultando por ende un caudal característico de $0,54 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}$.

El procesamiento de los datos mediante distintos métodos muestra valores de coeficiente de almacenamiento del mismo orden, situación que no se repite en el caso de la transmisibilidad (que es notablemente mayor en el P.O.2 que en el P.O.3) presumiblemente debido a la distancia del pozo de bombeo considerada excesiva para el primer caso.

Método	P. O. N° 2		P. O. N° 3	
	T ($\text{m}^2/\text{día}$)	S	T ($\text{m}^2/\text{día}$)	S
Theis	71,23	$3,56 \cdot 10^{-4}$	19,10	$-7,95 \cdot 10^{-4}$
Jacob	81,92	$5,4 \cdot 10^{-4}$	24,76	$4,7 \cdot 10^{-4}$
Chow	76,15	$2,52 \cdot 10^{-4}$	24,78	$4,96 \cdot 10^{-4}$
Jaeger	-	-	21,88	$1,66 \cdot 10^{-1}$

Como se ve los valores de T hallados con la información del P.O.3 se ajustan a las condiciones generales del área, a diferencia de los obtenidos para el P.O.2 que son muy altos. También se ajustan los correspondientes al coeficiente de almacenamiento, sobre todo los hallados por los métodos de Jacob, y Chow.

Para esta perforación de explotación se pudo construir la curva característica al efectuarse un ensayo escalonado, de 4 niveles

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

ascendentes ($Q = 3,5 \text{ m}^3/\text{h}$; $6,5 \text{ m}^3/\text{h}$; $11,7 \text{ m}^3/\text{h}$ y $13,2 \text{ m}^3/\text{h}$, como caudales erogados antes de pasar al siguiente ensayo) y tomar en cuenta los datos del ensayo de larga duración. La observación de la curva más la consideración de la eficiencia calculada (73,56%) permiten asegurar que se trata de un excelente pozo, sin dudas el mejor de la Batería 1.

c - Pozo de Explotación N° 3 (M.E.3)

Tal cual se explicara en el punto referente a diseño, este pozo presenta un déficit en su construcción que consiste en haberse colocado una reducida longitud de filtros, lo que disminuye el área de admisión y consecuentemente la producción individual. Esto se constata con el bajo valor de deficiencia calculado (23,08%).

La transmisibilidad ($19,03 \text{ m}^2/\text{d}$) se obtuvo a partir del método de Recuperación de Theis aplicado a un ensayo de seis días a un caudal de $6,5 \text{ m}^3/\text{h}$, con una depresión de 39,26 metros, obteniéndose un caudal característico de $0,17 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{d}$.

Al no estar en condiciones la electrobomba no pudo realizarse el ensayo a caudal variable.

d - Pozo de Explotación N° 4 (M.E.4)

Para esta perforación de explotación se construyeron tres pozos de observación, uno de ellos el P.O.1 (ubicado a 40,14 metros) de igual profundidad y diseño que el de bombeo, mientras que los dos restantes, denominados P.O.2 y P.O.3 penetraron parcialmente el perfil situándolos en el acuífero semiconfinado con la intención de comprobar el comportamiento de esta unidad al someter a bombeo al sistema inferior. Al verificarse la inmovilidad de sus niveles durante la prueba se confirmó la aislación hidráulica entre ambos acuíferos.

Se realizaron dos ensayos de larga duración. Uno con bombeo de 50 horas y una recuperación de 30 horas (febrero de 1986) y el otro sólo de recuperación pues el pozo se encontraba en producción desde hacia