



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

**PROYECTO DE APOYO A LA INFRAESTRUCTURA
HIDROGEOLOGICA EN LA CUENCA ALTA DEL
GUADALQUIVIR (1ª FASE)**

**EXPERIENCIA DE RECARGA ARTIFICIAL EN EL
ACUIFERO DE MANCHA REAL**

Julio, 1.991



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

35753

SUPER PROYECTO	AGUAS SUBTERRANEAS	Nº	9.005
PROYECTO AGREGADO	ACTUALIZACION INFRAESTRUCTURA HIDROGEOLOGICA, VIGILANCIA, CATALOGO DE ACUIFEROS	Nº	315
TITULO PROYECTO PROYECTO DE APOYO A LA INFRAESTRUCTURA HIDROGEOLOGICA EN LA CUENCA ALTA DEL GUADALQUIVIR (1ª FASE)			
Nº PLANIFICACION	330/90	Nº DIVISION AGUAS, G.A.	26/90
FECHA EJECUCION	INICIO	1.990	FINALIZACION 1.991

INFORME (Título): EXPERIENCIA DE RECARGA ARTIFICIAL EN EL ACUIFERO DE MANCHA REAL	
CUENCA (S) HIDROGRAFICA (S)	GUADALQUIVIR
COMUNIDAD (S) AUTONOMA (S)	ANDALUCIA
PROVINCIA (S)	JAEN

INDICE

	Pág
1.- <u>INTRODUCCION</u>	1
1.1.- ANTECEDENTES Y OBJETIVOS	2
1.2.- SITUACION ACTUAL DEL ABASTECIMIENTO Y RESULTADOS QUE SE ESPERAN DEL PROYECTO	3
1.3.- TRABAJOS REALIZADOS	7
2.- <u>ENCUADRE HIDROGEOLOGICO</u>	10
3.- <u>DESCRIPCION DE LAS INSTALACIONES PREVIAS Y DEL DISPOSITIVO DE RECARGA</u>	16
4.- <u>DESCRIPCION DE LOS ENSAYOS Y MEDIDAS DE CONTROL</u>	22
4.1.- CAUDAL DISPONIBLE	23
4.2.- DISPOSITIVOS DE CONTROL	24
4.3.- DESCRIPCION DE LOS ENSAYOS	25
5.- <u>VALORACION DE RESULTADOS Y CONSIDERACIONES HIDROGEOLOGICAS</u>	30
5.1.- PARAMETROS HIDRAULICOS	31
5.2.- ANALISIS DEL VACIADO DEL ACUIFERO EN EL PERIODO 1.981-1.985	34
5.3.- CAUDAL MAXIMO DE ADMISION EN EL SONDEO BARRENA I (1938-3002)	40
5.4.- PREVISIONES DE LLENADO	43
6.- <u>HIDROQUIMICA</u>	46
6.1.- REGISTROS DE CONDUCTIVIDAD	51

**6.2.- CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL AGUA DE RECARGA Y DEL
AGUA DEL ACUIFERO**

ANEJOS

- ANEJO I.- FICHAS DE INVENTARIO**
- ANEJO II.- PRECIPITACIONES EN LA ESTACION 264b**
- ANEJO III.- INTERPRETACION DE LOS ENSAYOS DE
INYECCION Y RECUPERACION**
- ANEJO IV.- REGISTROS VERTICALES DE CONDUCTI-
VIDAD Y TEMPERATURA**
- ANEJO V.- ANALISIS QUIMICOS**
- ANEJO VI.- FOTOGRAFIAS**

1.- INTRODUCCION

1.- INTRODUCCION

El presente informe se enmarca dentro del "PROYECTO DE APOYO A LA INFRAESTRUCTURA HIDROGEOLOGICA DE LA CUENCA ALTA DEL GUADALQUIVIR (1ª FASE)", realizado por el Instituto Tecnológico GeoMinero de España (ITGE) con la colaboración de la empresa Investigaciones Geológicas y Mineras, S.A. (INGEMISA).

1.1.- ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

El estudio llevado a cabo supone la lógica continuación de las actividades que, desde 1.981, ha venido realizando el I.T.G.E. en Mancha Real, que han comprendido diferentes actuaciones puntuales (estudios hidrogeológicos, sondeos de reconocimiento y explotación, etc.) y que han permitido mantener en unos niveles admisibles su abastecimiento urbano en estos años, pero cuyo fin último es garantizar su abastecimiento futuro en cantidad y calidad suficientes.

Los antecedentes más recientes directamente relacionados con el presente proyecto son la "Nota técnica sobre revisión del Abastecimiento a Mancha Real" (ITGE, 1.985), en la que ya se proponía como posible solución a "medio-largo plazo" la recarga artificial del acuífero del Mioceno, y el "Estudio previo sobre las posibilidades de recarga artificial en Mancha Real" (ITGE, 1.988). En este último se delimitó y definió con mayor precisión el acuífero Mioceno, como posible almacén receptor de la recarga y se evaluaron en primera aproximación los excedentes de agua disponibles para la misma, confirmando la existencia de la infraestructura adecuada para iniciar las pruebas.

Los objetivos de la experiencia de recarga realizada en el presente proyecto son comprobar la capacidad de admisión de los sondeos de inyección, el proceso de llenado-vaciado del acuífero y su rendimiento, y valorar los posibles cambios hidroquímicos que pudieran producirse durante el proceso de recarga.

1.2.- SITUACION ACTUAL DEL ABASTECIMIENTO Y RESULTADOS QUE SE ESPERAN DEL PROYECTO

La población actual de Mancha Real es de 8.400 habitantes, que para una dotación de 250 l/hab/día presentaría una demanda teórica de agua de 0,766 hm³/año (unos 24 l/s continuos, de caudal medio, aunque lógicamente sería mayor en los meses de estiaje y en la época de funcionamiento de las alcazaras y menor el resto del año).

Su suministro actual se basa esencialmente en el manantial de los Charcones (1938-4004), principal punto de drenaje natural del acuífero de Mojón Blanco, del que dispone de un caudal variable de 3 a 20 l/s según la época del año, y que llega por gravedad al depósito de la carretera de Torres.

El agua necesaria para complementar en la medida de lo posible el suministro, se extrae de las siguientes obras de captación:

- Sondeo los Pinos (1938-4035)

Este sondeo, construido por el ITGE y que capta el acuífero de Mojón Blanco, se explota desde 1.986 con un caudal de unos 14 l/s y un nivel dinámico superior a 120 metros. Su régimen es variable según las necesidades, desde unas pocas horas al día hasta llegar a funcionar varios meses consecutivos en régimen continuo (generalmente desde Mayo/Junio a Octubre/Diciembre).

- Sondeo del Caserón de Monroy o de la Sierrezuela de Pegalajar (1938-3020)

También construido por el ITGE, capta el acuífero de Pegalajar.

Se puso en explotación en 1.989 y tiene un régimen de funcionamiento similar al anterior, con un nivel dinámico superior a los 250 metros de profundidad. Su caudal tras varios meses de parada es próximo a 17 l/s, aunque disminuye a 12 l/s cuando lleva un cierto tiempo en régimen continuo.

- Sondeo Peña del Agulla (1938-3019)

Este sondeo fue realizado en 1.982 por el Ayuntamiento de Mancha Real, para sustituir a los sondeos de "La Barrena" que ya estaban en fase de agotamiento, y capta el acuífero denominado intermedio o del Mioceno al igual que los sondeos de "La Barrena".

Se puso en explotación en 1.983 con el nivel estático a 144 m. de profundidad y un caudal de 15 l/s, que en 1.985 había bajado a unos 6-7 l/s al descender el nivel estático hasta 180 m. Desde 1.986, año en que cesaron las principales explotaciones del acuífero Mioceno, por agotamiento de los sondeos, se mantiene en explotación esporádicamente, como apoyo a los restantes, con similar caudal y un nivel dinámico próximo a los 200 m.

Este año (1.991) ha sido necesario mantenerlo en régimen continuo, desde el mes de Junio.

A pesar de disponer de estas captaciones, el suministro actual de Mancha Real sigue siendo insuficiente (en el estiaje de 1.991 se han aplicado restricciones de 12 horas/día, a pesar de mantenerse los tres sondeos en régimen continuo), probablemente por el descenso de caudal de los sondeos cuando llevan un cierto tiempo en régimen continuo.

No obstante, el principal problema que se plantea en el suministro es el de su garantía a medio-largo plazo, como consecuencia de la importante explotación que afecta, en mayor o menor medida, a los tres acuíferos que captan los sondeos de abastecimiento citados. En efecto, el de Peña del Aguila está ya en fase terminal por agotamiento del acuífero intermedio, y en los acuíferos que captan los otros dos sondeos (Pegalajar y Mojón Blanco) está en trámite la declaración de sobreexplotación, por ser las extracciones próximas a los recursos renovables medios. Tal situación puede desembocar en un descenso progresivo de los niveles de agua, con la consiguiente disminución de caudal de los sondeos, sin que existan actualmente sondeos que permitan el seguimiento de la evolución piezométrica en ninguno de los dos acuíferos.

De otra parte, ya se han agotado las posibles nuevas alternativas de suministro al núcleo urbano, a partir de recursos subterráneos, en un entorno razonable (probablemente habría que recurrir a captaciones alejadas más de 8-10 Km. del mismo y con elevaciones de considerable magnitud) y actualmente se plantea la posibilidad de incluir al núcleo en el sistema de abastecimiento del embalse del Quiebrajano. Ello implicaría la realización de conducciones de más de 20-25 Km. de longitud, en un área de topografía acusada y con probables elevaciones o desniveles de importancia, además de ser una solución de dudosa garantía futura. En efecto, según el estudio de regulación del embalse de Quiebrajano (ITGE, 1.986, en el Proyecto de Investigación para la Mejora del Abastecimiento de agua a los núcleos urbanos del sector Suroccidental de la provincia de Jaén), para el horizonte del año 2.000 la demanda de dicho sistema se elevaría a 26 hm³/año, frente a unos recursos disponibles de 16,4-17,4 hm³/año (9-10 hm³/año

regulados en el embalse y 7,4 hm³/año de las fuentes de suministro propias de Jaén capital), con lo que el déficit se estima en un mínimo de 8,6 hm³/año para ese horizonte.

En ese contexto cobra especial interés la recarga artificial del acuífero del Mioceno de Mancha Real, que con la información disponible y a falta de las pruebas definitivas que confirmen su viabilidad se plantearía en los siguientes términos:

- Existencia de unos excedentes en la cabecera del río Torres, procedentes en su mayor parte de manantiales, evaluados provisionalmente en 0,75-1,5 hm³/año y que tendrían lugar en la época de Octubre a Marzo, esencialmente, con un régimen mal conocido. Su utilización como fuente de agua para la recarga requeriría una conducción de unos 10 Km. hasta los sondeos de inyección, que podría realizarse por gravedad. Probablemente sería necesario algún tipo de tratamiento simple, al menos para retener los posibles sólidos en suspensión.

- Existencia de al menos 2 sondeos abandonados, en principio útiles para la inyección de agua en el acuífero (sondeos de La Barrena).

- Posibilidad de seguir utilizando para el bombeo del agua recargada el sondeo de Peña del Aguila y, probablemente, uno de los sondeos de inyección (el Barrena II), que disponen de la infraestructura necesaria en relación con el abastecimiento a Mancha Real.

- Existencia de un acuífero prácticamente agotado y con capacidad suficiente para recibir y regular los citados excedentes, con las siguientes características generales:

Tendría una extensión superficial inferior a 1 Km², constituido por calizas miocenas de espesor variable entre 100 y 300-400 m., recubiertas por depósitos detríticos pliocuaternarios de escaso espesor. En profundidad y lateralmente estaría sellado

por materiales margosos del Mioceno, Cretácico y probablemente Trías.

Se trata de un acuífero libre con una porosidad por fisuración-karstificación comprendida entre el 1 y 4% y con los niveles de agua actuales a más de 150 m. de profundidad. Inicialmente el nivel de agua se encontraba a unos 25-30 m. de profundidad, a la cota de surgencia del único punto de descarga natural relacionado con el acuífero.

Sus recursos renovables deben ser inferiores a 0,1 hm³/año, frente a unas explotaciones continuadas de 0,5-1 hm³/año realizadas en el acuífero, al menos entre 1.980 y 1.985, para abastecimiento a Mancha Real.

El volumen de acuífero vaciado, apto como almacén para la recarga, estaría comprendido entre 2,5 y 5 hm³ (unas 3 veces el volumen anual de excedentes disponible y de 3 a 7 veces la demanda anual de Mancha Real).

1.3.- TRABAJOS REALIZADOS

Las actividades que se han llevado a cabo para alcanzar los objetivos que se persiguen han sido, en esencia, las siguientes:

- Recopilación y análisis de la información existente.
- Revisión del estado actual del abastecimiento a Mancha Real, con aforo de los caudales disponibles de las distintas fuentes de suministro y seguimiento de los mismos.

- Control de niveles en los sondeos, previo a la recarga.

- Diseño y acondicionamiento de la infraestructura existente, para adecuarla a las necesidades de los ensayos, lo que ha comprendido:
 - . Limpieza y reparación del antiguo aljibe del INC próximo a los sondeos de inyección.

 - . Desmonte y reparación de las válvulas de apertura del aljibe y limpieza de las arquetas de reparto.

 - . Conexión de la conducción de agua del sondeo de Pegalajar con el citado aljibe, mediante una tubería de 120 mm. de diámetro y unos 30 m. de longitud y una válvula que permite dirigir el agua al aljibe y/o a los depósitos.

 - . Conexión de la arqueta de reparto con el sondeo Barrena I, mediante una tubería de PVC de 200 mm. de diámetro y 15 m. de longitud.

 - . Limpieza de la arqueta de recepción del sondeo Barrena I.

 - . Desmonte de la instalación de bombeo del sondeo Barrena II, instalación de un limnógrafo y ejecución de una caseta de obra civil para albergar el mismo.

- Realización de 2 ensayos de inyección en el sondeo Barrena I, de unas 8 horas de duración cada uno, y seguimiento de la evolución piezométrica durante 5 días tras el primer ensayo y 5 meses tras el segundo.

- Control y seguimiento de las características hidroquímicas del agua del acuífero y del agua inyectada, lo que ha supuesto:
 - . Realización de 4 registros verticales de conductividad y temperatura en el sondeo Barrena II.
 - . Toma de muestras y análisis químico de 6 muestras de agua, 3 en sondeos con bombeo y 3 con botella tomamuestras.
- Análisis general de datos e interpretación de resultados y elaboración del presente informe.

El acondicionamiento y ampliación de la infraestructura hidráulica necesaria se ha llevado a cabo con la colaboración del Excmo. Ayuntamiento de Mancha Real.

2.- ENCUADRE HIDROGEOLOGICO

2.- ENCUADRE HIDROGEOLOGICO

A partir de los estudios realizados con anterioridad por el Instituto Geológico y Minero de España (actual Instituto Tecnológico GeoMinero de España - ITGE), en los que colaboró la Empresa Investigaciones Geológicas y Mineras, S.A. (INGEMISA), se ha llegado a conocer con cierta aproximación el entorno hidrogeológico de Mancha Real.

Desde el punto de vista geológico se distinguen dos sectores con características distintas: el sector meridional formado por materiales del Prebético de naturaleza carbonatada y el sector septentrional ocupado por formaciones recientes que dan paso a materiales de la Depresión del Guadalquivir.

Desde el punto de vista hidrogeológico, los materiales del Prebético configuran dos unidades hidrogeológicas claramente diferenciadas: La Unidad de Mojón Blanco y la Sierra de Pegalajar, cuyo nivel acuífero principal lo constituyen las calizas del Cenomaniense.

Los materiales del Mioceno y Pliocuaternario, y en concreto, las calizas de algas y los conglomerados calcáreos, originan en las inmediaciones de Mancha Real, un acuífero que no está bien definido. Los cuatro sondeos que captan este acuífero, presentan columnas litológicas muy dispares, lo que da idea de la discontinuidad de los materiales que lo componen.

En el esquema de la Figura 1 se refleja la situación de estos acuíferos y sus rasgos más característicos, que se comentan brevemente a continuación.

La **Unidad de Mojón Blanco** tiene su principal descarga visible en el manantial de Los Charcones (1938-4004) situado a una cota de 1.040 m.s.n.m. Por otra parte, en el sondeo Los Pinos (1938-4035), claramente representativo de esta unidad, la cota del agua se sitúa a unos 800 m.s.n.m. Esta diferencia de cota de 240 m., implicaría un gradiente medio entre ambos puntos bastante elevado (un 6%), lo que llevaría a pensar en la existencia de una cierta compartimentación en el acuífero que provocaría desconexiones o saltos bruscos del nivel del agua.

En la **Unidad de la Sierra de Pegalajar** se distinguen dos sectores: el sector septentrional donde el nivel de agua se sitúa a una cota en torno a las 600 m.s.n.m. (sondeo de Pegalajar, 1938-3020) y el sector meridional, donde la cota del agua es próxima a los 800 m.s.n.m. (Manantial de Pegalajar o del Estanque).

En el **acuífero Mioceno** el nivel de agua actual se encuentra a una cota próxima a los 660 m.s.n.m., que lo diferencia de las dos unidades definidas anteriormente.

Este acuífero fue objeto de una explotación continuada especialmente mediante los sondeos de la Barrera I y II (1938-3002 y 3025) lo que permitió en su día, el abastecimiento a Mancha Real, complementariamente con el manantial de Los Charcones. Estos sondeos estuvieron en funcionamiento hasta Agosto de 1.985.

LEYENDA

— LIMITE DE LA UNIDAD
 - - - LIMITE DE LA UNIDAD SUPUESTO

Puntos de agua significativos:

A SONDEO, MANANTIAL, NUMERO DE INVENTARIO (A) Y COTA DEL AGUA M.S.N.M. (B)

U. de Mojon Blanco			
R(hm ³ / a)	S(hm ³ / a)		
2,7	M	B	T
	0,63	0,57	1,20

R: recursos
 S: salida
 M: manantiales
 B: bombeos
 T: totales

U. de Pegalajar			
R(hm ³ / a)	S(hm ³ / a)		
1,3	M	B	T
	0,09	0,66	0,75

U. de Mojon Blanco			
R(hm ³ / a)	S(hm ³ / a)		
2,7	M	B	T
	0,63	0,57	1,20

Acuífero Mioceno

MANCHA REAL

SONDEOS BARRENA I Y BARRENA II

SONDEO LOS PINOS

SONDEO SIERREZUELA DE PEGALAJAR

SONDEO PERA DEL AGUILA

MANANTIAL LOS CHARCONES

SECTOR SEPTENTRIONAL
 SECTOR MERIDIONAL

Sierrezuela de Pegalajar
 PEGALAJAR

MANANTIAL EL ESTANQUE

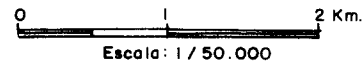


FIG.1 .- ESQUEMA HIDROGEOLOGICO

En la actualidad, de este acuífero, tan sólo se extrae un caudal de unos 6 l/s (y de forma discontinua) del sondeo Peña del Aguila (1938–3019), que se emplea para abastecimiento, encontrándose el nivel a una profundidad del orden de 180 m.

Para conocer los límites del acuífero Mioceno, se ha tenido en cuenta la campaña de investigación geofísica realizada en Diciembre de 1.988 por el propio ITGE, en la que tan sólo cuatro SEV (4, 5, 5 bis y 6), detectan el acuífero Mioceno.

Los límites Sur y Sureste, han sido trazados por encima de los sondeos de Hoyo Mateo (1938–3024) y Peña del Aguila (1938–3019), que captan los materiales miocenos (Ver Figura 2). El límite Oeste, se hace pasar por el SEV nº 4 que capta estos materiales a partir de los 80 m. de profundidad y se continúa hacia el Norte por la "Fuente de Las Pilas" (actualmente seca), que constituía el drenaje natural del acuífero Mioceno, antes de su sobreexplotación. El límite Noroeste se ha hecho coincidir con la prolongación hacia la Fuente de Las Pilas, de una fractura puesta de manifiesto por el SEV nº 7, que no detectó las calizas de la Unidad Mojón Blanco, a pesar de estar situado a menos de 50 m. del sondeo "Los Pinos" (1938–4035) que sí las capta. Se considera, por tanto, que entre el citado SEV y el sondeo existe una importante fractura.

El acuífero del Mioceno definido por estos límites tendría una superficie de 0,85 Km², del mismo orden de magnitud que la obtenida más adelante (epígrafe 5.2) a partir del análisis del vaciado del acuífero (0,53 a 0,9 Km²). En la figura 2 se presenta un mapa detallado del acuífero Mioceno y de la infraestructura existente en relación con la recarga, que se describe a continuación.

3.- DESCRIPCION DE LAS INSTALACIONES PREVIAS
Y DEL DISPOSITIVO DE RECARGA

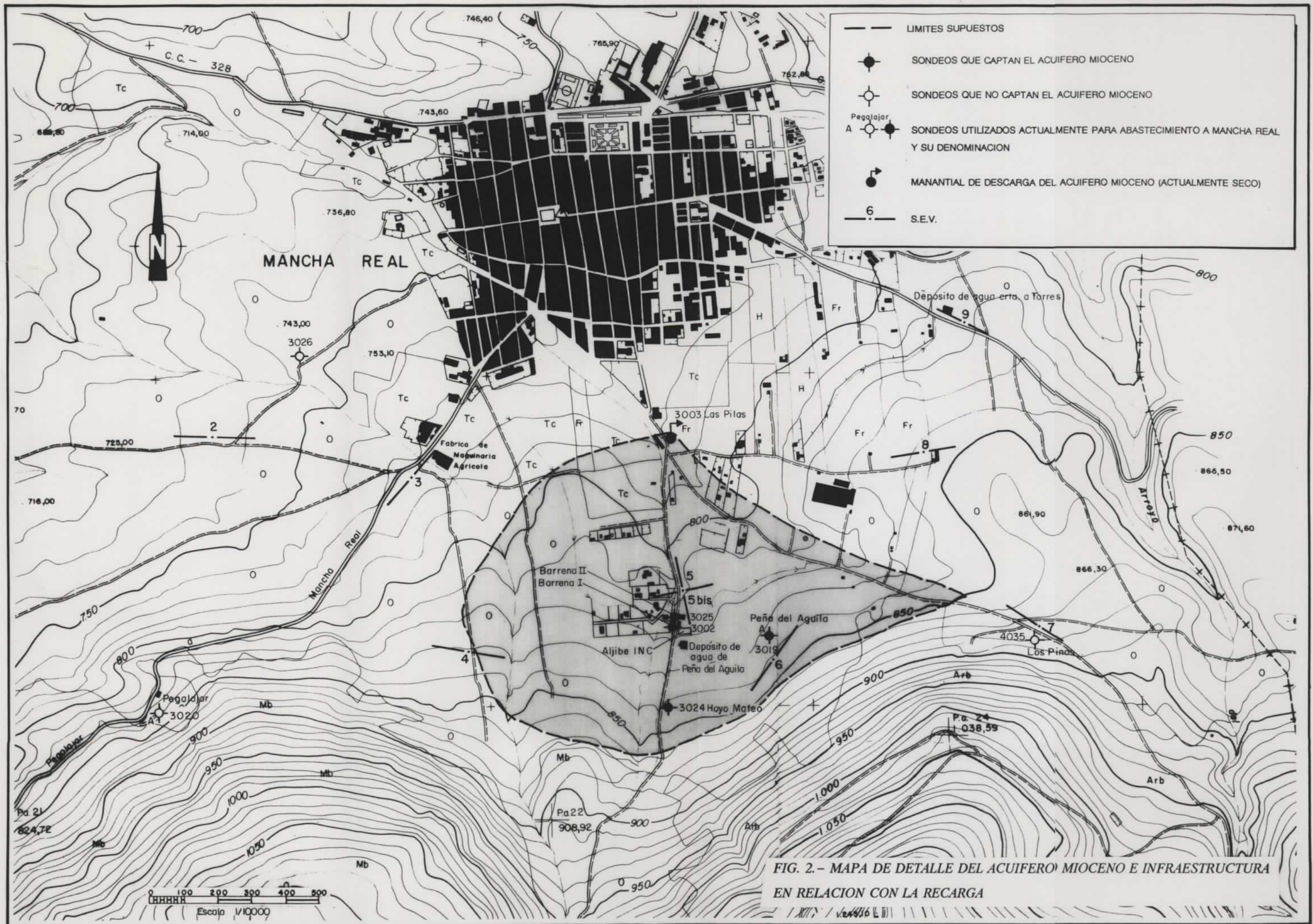


FIG. 2.- MAPA DE DETALLE DEL ACUIFERO MIOCENO E INFRAESTRUCTURA EN RELACION CON LA RECARGA

3.- DESCRIPCION DE LAS INSTALACIONES PREVIAS Y DEL DISPOSITIVO DE RECARGA

La infraestructura hidráulica necesaria para la realización de la prueba de recarga se ha obtenido a partir de la mejora y ampliación de parte de la infraestructura existente en la zona, que inicialmente se componía de los siguientes elementos (Ver Figuras 2 y 3):

- Aljibe para almacenamiento del agua de inyección

Este aljibe fue construido por el Instituto Nacional de Colonización, con una capacidad de 2.156 m³. Se sitúa a unos 25 m. del sondeo Barrena I y se encontraba abandonado, aunque en un estado de conservación aceptable, ya que sólo presentaba fugas de importancia en las juntas de unión de la base. Su finalidad es almacenar y regular el agua de inyección, a fin de disponer del máximo caudal punta posible para los ensayos de admisión.

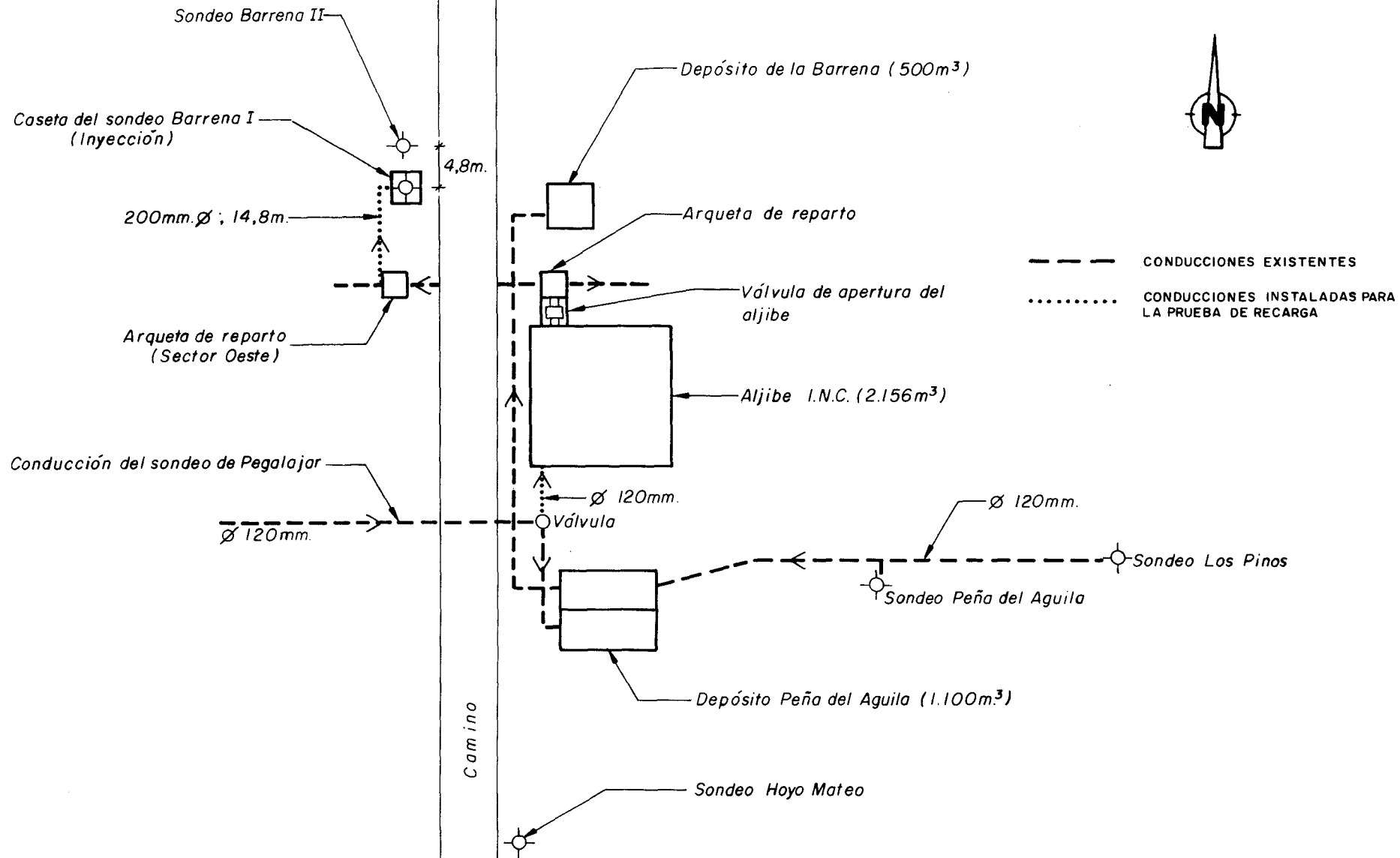


FIG. 3. - CROQUIS DE INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA EN RELACION CON LA RECARGA

- Válvulas de apertura y arquetas de reparto

La válvula de apertura del aljibe, que regularía el caudal de vaciado, se encontraba en un estado avanzado de oxidación que la mantenía inservible, ya que no había sido utilizada en los últimos 30 años y carecía de manivela de giro para la apertura.

A continuación de la válvula, existe una pequeña arqueta, que se utilizaba en el reparto del agua de riego, bien hacia los cultivos del sector Este o bien hacia los cultivos del sector Oeste (con una arqueta en la otra margen del camino) quedando ésta última a tan solo 15 metros del sondeo previsto para realizar la inyección. Ambas arquetas acumulaban gran cantidad de suciedad.

- Sondeos Barrena I y Barrena II

Estos sondeos no se utilizan desde 1.985, y se eligieron por sus características para realizar en ellos la inyección de agua y/o el control piezométrico. El sondeo Barrena II permanecía instalado antes de comenzar las actuaciones para la prueba de recarga. Dichos sondeos tienen profundidades de 216 y 192 metros, con diámetros finales de entubado de 350 y 450 mm., respectivamente y con el nivel de agua a más de 166 metros de la superficie. El sondeo Barrena I presenta la tubería de revestimiento muy deteriorada por efecto de la oxidación (se construyó en 1.958), hasta el punto de haberse observado el desprendimiento de placas de la zona más interna de la tubería durante la inyección de agua. El sondeo Barrena II se encuentra en buen estado de conservación ya que es de reciente construcción (año 1.984).

- Tubería de conducción desde el sondeo Serrezuela de Pegalajar

Desde el sondeo de la Serrezuela de Pegalajar (1938-3020) existe una tubería de 120 mm. de diámetro, que conduce el agua de dicho sondeo hasta el depósito de Peña del Aguila para el abastecimiento al núcleo urbano. Esta

tubería fue seleccionada para proporcionar el agua para la prueba de recarga, interceptándola antes de su llegada al depósito de Peña del Aguila y conduciéndola hacia el aljibe, con una válvula en "T" para permitir su uso alternativo para abastecimiento o para recarga.

A partir de esta descripción de la infraestructura existente en la zona, instalada inicialmente con otros objetivos, se van a describir las actuaciones de mejora y ampliación que han sido necesarias para adecuarla en principio a las necesidades de la prueba de recarga, aunque parcialmente, al menos, podrían aprovecharse para la recarga definitiva.

Respecto al aljibe para almacenamiento del agua de inyección (fotos 1 y 2) se procedió a repararlo, cubriendo las fisuras existentes, consiguiendo reducir drásticamente las pérdidas como pudo comprobarse posteriormente (con el aljibe lleno, las pérdidas por fugas se estimaron en 0,9 l/s).

En cuanto a la válvula de apertura para el vaciado del aljibe, hubo de ser desmontada, reparada y engrasada, con lo que se consiguió que funcionase correctamente (Las fotos nºs 3 y 4 muestran la válvula antes y después de ser reparada). Las arquetas de reparto fueron objeto de una exhaustiva limpieza y se procedió a instalar una rejilla en la más próxima al sondeo de inyección para retener todos los elementos gruesos potencialmente colmatantes (Foto nº 5). Desde esta arqueta se instaló una tubería de PVC de 200 mm. de diámetro para conducir el agua de inyección hasta el sondeo Barrena I (Fotos nºs 6 a 8). En la caseta de dicho sondeo, se procedió a limpiar y a retirar todo lo acumulado en los años de inactividad en la arqueta de acceso al sondeo, así como a realizar una perforación en la pared para introducir la tubería de conducción del agua de inyección.

Aunque en principio se pensó en introducir la tubería de inyección dentro del sondeo Barrena I hasta por debajo del nivel de agua, ello no fue posible por las reducciones de diámetro del sondeo. Tampoco se consideró imprescindible, dado que se trata de un acuífero karstificado libre en el que el escape del aire puede verse facilitado a

través de fisuras, sin llegar a producir efectos indeseables. De hecho así se confirmó, al apreciarse una salida de aire significativa a través del sondeo Barrena II (situado a 4,8 m. del de inyección) durante las pruebas de recarga.

En el sondeo Barrena II, se desmontó la instalación (tubería de impulsión y bomba) y se procedió a colocar un limnígrafo para utilizarlo como piezómetro de observación. Para proteger el limnígrafo se construyó una caseta de obra civil, sobre el citado sondeo (Fotos n^{os} 9 y 10).

Hay que indicar, por último, que en las condiciones actuales tan solo es posible realizar el seguimiento del nivel de agua del acuífero en el sondeo Barrena II, con las limitaciones que ello supone, ya que el sondeo de Hoyo Mateo (1938-3024) se encuentra seco por su escasa profundidad y el de Peña del Aguila está instalado sin tubería piezométrica. El sondeo recientemente realizado por el Servicio Geológico de Obras Públicas (1938-3026) no capta el acuífero objeto del Proyecto, de acuerdo con la información disponible (en el anejo I se incluye su ficha de inventario).

4.- DESCRIPCION DE LOS ENSAYOS Y MEDIDAS DE CONTROL

4.- DESCRIPCION DE LOS ENSAYOS Y MEDIDAS DE CONTROL

4.1.- CAUDAL DISPONIBLE

Para la realización de los ensayos de recarga era imprescindible disponer del caudal proporcionado por uno de los sondeos de abastecimiento a Mancha Real no ligado al acuífero objeto de recarga (sondeo de Pegalajar o sondeo de Los Pinos), y durante la época en que estos estuviesen inactivos para no interferir en el normal abastecimiento urbano (generalmente entre Octubre/Diciembre y Mayo/Junio, según las condiciones climáticas). Se eligió el de Pegalajar por su mayor facilidad de conexión con el sondeo de inyección Barrena I.

Aunque en principio se había previsto aprovechar al máximo el período de inactividad de los sondeos, para prolongar las pruebas de recarga varios meses, la infraestructura necesaria no estuvo totalmente finalizada hasta la primera semana de Mayo, por las dificultades surgidas para su ejecución. El 16 de Mayo fue necesario interrumpir las pruebas, por necesitarse los dos sondeos prácticamente a pleno rendimiento para cubrir el suministro. Por estas causas sólo ha sido posible realizar dos ensayos de inyección, de

corta duración y con el máximo caudal instantáneo posible, que son válidos para determinar la capacidad de admisión de los sondeos y mejorar el conocimiento de los parámetros hidráulicos, pero no para sacar conclusiones definitivas sobre los procesos de llenado-vaciado del acuífero (el volumen recargado es algo inferior a 3.500 m³, poco significativo en relación a las reservas del acuífero).

4.2.- DISPOSITIVOS DE CONTROL

Para el seguimiento de las pruebas de recarga era necesario esencialmente medir los caudales de inyección, los volúmenes de recarga y la evolución de niveles piezométricos en el acuífero. En los tres casos ha habido dificultades operativas o limitaciones que se han superado en la medida de lo posible para la presente etapa, por su corta duración, pero que será necesario subsanar de forma definitiva para pruebas de mayor duración.

Por lo que respecta a la regulación y control del caudal de inyección, las principales dificultades son la gran variabilidad del caudal en función del grado de apertura de la válvula de salida del aljibe (al ser de gran diámetro) y del nivel de agua en el aljibe (que obligaba a ir abriendo la válvula conforme bajaba aquél, para mantener el caudal constante), y la necesidad de medir el caudal por aforo volumétrico en el propio aljibe (que requiere un tiempo relativamente largo para obtener cierta precisión, tanto más dilatado cuanto más pequeño sea el caudal). En estas condiciones los caudales instantáneos no se pueden medir con precisión, aunque sí son válidos los valores medios obtenidos para intervalos de media hora o superiores, siempre que se regule gradualmente la válvula de salida para tratar de mantenerlos constantes en cada intervalo. En cualquier caso en las condiciones actuales tan solo es posible la inyección de caudales inferiores a 80 l/s, máxima capacidad real de la tubería de PVC que conecta el sondeo de inyección con la arqueta de reparto del sector Oeste (aunque se había previsto de 300 mm. o superior, se montó de 200 mm. de diámetro).

El volumen total de agua recargada se ha podido determinar con precisión, mediante lecturas del nivel del aljibe al principio y final de cada etapa de inyección, pero para pruebas de mayor duración será necesario montar un contador-totalizador en la citada tubería de PVC o disponer de un caudal constante (de uno o dos sondeos) con el régimen más regular posible.

El seguimiento del nivel de agua sólo ha sido posible en el sondeo Barrena II, situado a 4,8 metros del sondeo de inyección. Para futuras pruebas sería imprescindible realizar algún piezómetro más alejado, o montar tuberías piezométricas en el sondeo de Peña del Aguila y en el propio sondeo de inyección.

Para disponer de un registro continuo en ese único punto de observación se montó un limnógrafo de banda semanal durante los ensayos y de banda mensual una vez transcurrido suficiente tiempo desde el cese de la inyección, con objeto de apreciar posibles efectos de recarga por lluvias. Durante los intervalos de inyección y las primeras horas tras su cese, el nivel de agua fue controlado directamente con sonda eléctrica, con pautas similares a las de un ensayo de bombeo.

Para mejorar la interpretación de resultados se han obtenido, por último, los datos de precipitaciones de la estación nº 264 b (Mancha Real – Servicio de Extensión Agraria), a nivel mensual para el período 1.967–1.990 y a nivel diario para el año 1.991, que se adjuntan en el anejo II.

4.3.- DESCRIPCION DE LOS ENSAYOS

El aljibe utilizado como balsa de regulación comenzó a llenarse el 7 de Mayo con agua del sondeo de Pegalajar y tardó en llenarse algo más de 2 días, con un caudal medio de 11,1 l/s, presentando unas pérdidas de 0,9 l/s cuando estaba totalmente lleno.

Antes de iniciarse los ensayos, el nivel de agua se situaba a una profundidad de 169,54 m. en el sondeo de inyección Barrena I y de 166,05 m. en el piezómetro de observación Barrena II, situado a 4,8 m. de el de inyección y unos 60 cm. más alto. La diferencia existente entre la cota del agua de ambos sondeos (algo más de 4 m., a pesar de su proximidad), debe responder a que atraviesan fisuras o conductos a presión mal conectados entre sí. En cualquier caso, este hecho no ha podido contrastarse con otras medidas, por la dificultad que presenta la medida del nivel de agua en el sondeo Barrena I, y no se puede descartar que fuese un dato erróneo por atasco de la sonda u otra causa accidental.

La primera inyección se llevó a cabo el 10 de Mayo de 1.991, y tuvo una duración de 8 horas, distribuidas en dos escalones con las siguientes características:

<u>Caudal (l/s)</u>	<u>Duración</u>	<u>Prof. N.E. (m)</u>		<u>Ascenso (m)</u>
		<u>Inicial</u>	<u>Final</u>	
34	1,5 horas	166,05	161,75	4,3 m.
67	6,5 horas	161,75	159,4	2,35 m.

El ascenso total fue de 6,65 m., apreciándose una clara tendencia a la estabilización del nivel con el tiempo de bombeo.

La afección en el piezómetro Barrena II no se apreció en el limnógrafo hasta pasados unos 15 minutos del inicio de la inyección. Durante toda la inyección se observó la expulsión de aire por dicho piezómetro, que se prolongó unos minutos tras el cese de la misma, como consecuencia de la entrada de agua por gravedad en el sondeo de inyección, con la consiguiente entrada de aire.

En la recuperación y en los ensayos siguientes se decidió contrastar las medidas del limnógrafo con sonda eléctrica, con pautas similares a las de bombes de

ensayo, dada la escasa definición de la escala temporal del limnógrafo frente a la duración de los ensayos (el limnógrafo disponible era de banda semanal).

Tras el cese de la inyección el nivel de agua comenzó a descender para aproximarse al nivel inicial, rápidamente al principio (en las 2 primeras horas pierde el 50% del ascenso provocado) y con mayor lentitud en el resto. Transcurrido un tiempo doble que el de inyección desde el cese de la misma aún quedaba un ascenso residual de 2,70 m. (40% del total) que sería ya indicativo de un proceso de llenado del acuífero, pero que aún desciende lentamente, probablemente por la existencia de barreras impermeables que prolongan anómalamente el proceso de recuperación del nivel. El control de la recuperación se prolongó 115 horas (14 veces el tiempo de inyección), hasta el inicio de la segunda inyección, y aún quedaba un ascenso residual de 1,09 m. (16% del ascenso provocado).

La segunda inyección se llevó a cabo el día 15 de Mayo, una vez lleno de nuevo el aljibe con bombeos discontinuos del sondeo de Pegalajar (el resto se utilizaba ya para abastecimiento), y tuvo una duración de 425 minutos a un caudal medio de 67 l/s (variable entre 60 y 70 l/s).

Se inició con el nivel de agua a 164,96 m. en el piezómetro Barrera II, que no se afectó con la inyección hasta pasados 8 minutos desde la entrada del agua, y a partir de las dos primeras horas de inyección el nivel estaba prácticamente estabilizado con un ascenso comprendido entre 5,40 y 5,80 metros, aunque con pequeñas oscilaciones debido a los cambios de caudal provocados por la manipulación de la válvula de regulación del aljibe. El ascenso máximo provocado fue de 5,80 m. (6,89 m. si se considera el ascenso residual que quedaba de la fase anterior), que se recuperó en su mayor parte en las primeras horas tras el cese y más lentamente a continuación, de forma similar a la primera inyección.

El nivel inicial de esta segunda inyección no se alcanzó hasta transcurridos unos 5.300 minutos desde su cese (13 veces el tiempo de inyección), lo que

vuelve a confirmar un proceso de llenado del acuífero, aunque aún sigue descendiendo el nivel muy lentamente aproximándose al nivel inicial antes de la primera inyección.

En la Figura 4 se adjunta un registro sintético de la evolución del nivel de agua a lo largo de todo el proceso, en el sondeo Barrera II.

Como se observa, el 24 de Mayo comienza a bombear el sondeo de Peña del Aguila (que afecta al acuífero recargado y abastece a Mancha Real), con lo que a partir de ese momento el descenso de nivel puede estar afectado ya por tal bombeo. En el momento de iniciarse el bombeo aún quedaba un ascenso residual de 0,71 metros, transcurridos ya 14 días desde la 1ª inyección y 9 días de la segunda.

Aunque desde el 5 hasta el 12 de Junio el nivel estaba ya prácticamente estabilizado a 166,02 m. (con 3 cm. de ascenso residual), tal magnitud es muy poco significativa para valorar el efecto de llenado del acuífero debido a su escasa cuantía, a la afección producida por los bombeos (el sondeo Peña del Aguila había extraído ya 1.490 m³, equivalentes al 43% del volumen total inyectado) y a la posible entrada de agua al acuífero tras las lluvias que tuvieron lugar a finales de Mayo y principios de Junio (21 mm. en tres días).

Las lluvias del 13 de Junio (25 mm) provocan al parecer una subida del nivel de agua de 24 cm. (nivel de agua a 165,78 m. el 28-6-91) a pesar de mantenerse el sondeo Peña del Aguila en régimen de bombeo continuo, aunque el desfase en la respuesta del acuífero a la lluvia no puede establecerse por haberse retirado el limnógrafo para proceder a la instalación de otro de banda mensual.

Con posterioridad y hasta el 16 de Octubre los niveles se han mantenido entre 165,78 m. y 165,98 m. aunque con oscilaciones, disponiéndose tan solo de medidas mensuales realizadas con sonda eléctrica, por mal funcionamiento del limnógrafo, que se desmontó en esa última fecha.

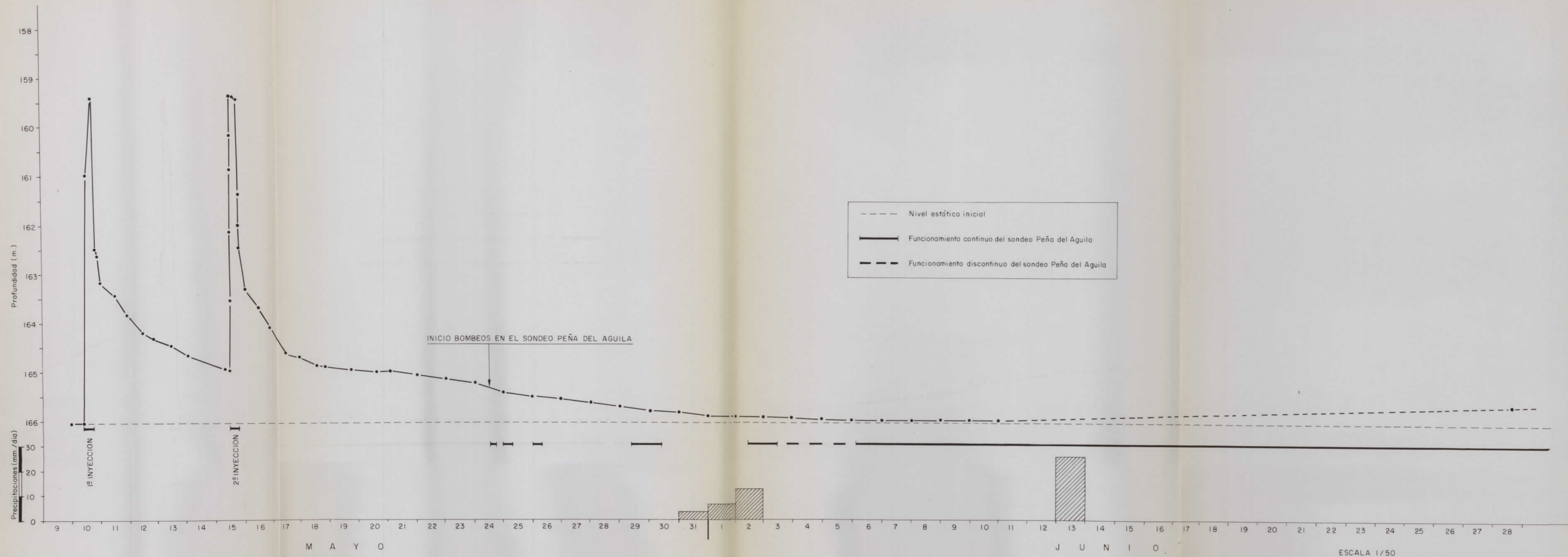


FIG. 4. - EVOLUCION DEL NIVEL DE AGUA EN EL PIEZOMETRO "BARRENA II"
 (r=4,8)

5.- VALORACION DE RESULTADOS Y CONSIDERACIONES
HIDROGEOLOGICAS

5.- VALORACION DE RESULTADOS Y CONSIDERACIONES HIDROGEOLOGICAS

Para llegar a un conocimiento más detallado del acuífero se han interpretado los datos de nivel obtenidos en los ensayos de inyección, así como en sus respectivas recuperaciones. Así mismo, se ha realizado un análisis del vaciado del acuífero en el período 1.981-1.985, que permite acotar sus dimensiones. Se valora también el caudal máximo de inyección que admitiría el sondeo Barrena I en futuras pruebas de recarga, y se realizan, por último, unas previsiones de llenado del acuífero ante diferentes hipótesis.

5.1.- PARAMETROS HIDRAULICOS

Los ensayos de inyección se realizaron en el sondeo Barrena I (1938-3002) y las medidas de la evolución del nivel se tomaron en el sondeo Barrena II (1938-3025) que fue utilizado como piezómetro. Dicho piezómetro se sitúa a 4,8 m. del sondeo de inyección.

De la interpretación de los datos de nivel obtenidos se deduce la existencia de barreras hidráulicas coherentes con la estructura del acuífero. Para obtener el valor de la transmisividad se han considerado válidas las primeras medidas de nivel, aún no influenciadas por la presencia de barreras. De estos primeros valores, se obtiene una transmisividad que estaría comprendida entre 250 y 1.000 m²/día en el entorno del punto de inyección. El valor del coeficiente de almacenamiento, sería del orden de $4 \cdot 10^{-2}$ - $5 \cdot 10^{-2}$. La interpretación de los datos y los resultados están recogidos en el Anejo III.

Aunque estos parámetros tienen un importante valor puntual, no es prudente extrapolarlos sin más al resto del acuífero, especialmente tratándose de materiales karstificados y de un acuífero de gran complejidad.

Los resultados obtenidos se pueden contrastar con los de informes anteriores, de un bombeo de ensayo y su recuperación, en el sondeo Peña del Aguila, (ITGE, Diciembre de 1.982) donde la transmisividad osciló entre 16 y 1.780 m²/día. En este bombeo, se utilizó como piezómetro de observación el sondeo Barrera I (1938-3002) situado a 350 m., obteniendo en él una transmisividad de 809 m²/día y un coeficiente de almacenamiento de 0,003.

En el siguiente cuadro se resumen los datos disponibles:

PARAMETROS HIDRAULICOS DEL ACUIFERO MIOCENO

METODO DE INTERPRETACION	T (m²/día)	S (adimensional)
Gráfico ascenso residual (s')- $\log \frac{t}{t'}$ de la recuperación tras la primera inyección * (1)	1.015 (1 ^{er} tramo) 100 (2 ^o tramo)	--
Gráfico ascenso - log t en el 2 ^o ensayo de inyección (Jacob) * (1)	252	0,05
Gráfico log ascenso - log t en el 2 ^o ensayo de inyección (Theis) * (1)	287	0,04
Gráfico ascenso residual - log $\frac{t}{t'}$ en la recuperación de la 2 ^a inyección * (1)	882 (1 ^{er} tramo) 94 (2 ^o tramo)	--
Gráfico descenso - log t en el pozo de bombeo (Peña del Aguila) * (2)	26 (1 ^{er} tramo) 103 (2 ^o tramo)	--
Gráfico (descenso - log t) en el piezómetro (Barrena I) * (2)	810	0,0035
Gráfico (descenso - log distancia) para los dos piezómetros a 18 horas de bombeo. * (2)	200	0,002
Gráfico (descenso residual - log $\frac{t}{t'}$) en el pozo de bombeo (Peña de Aguila) * (2)	16 (1 ^{er} tramo) 1.780 (2 ^o tramo)	--

* (1) Interpretación de ensayos de inyección en el sondeo Barrena I, con datos medidos en el piezómetro Barrena II (r = 4,8 metros).

* (2) ITGE, 1982.- Prueba de bombeo en el sondeo de abastecimiento a Mancha Real (Jaén). Sondeo nº 3. "Peña del Aguila". Diciembre 1982. (ESTUDIOS HIDROGEOLOGICOS ESPECIALES EN LAS PROVINCIAS DE GRANADA Y JAEN).

En definitiva, los parámetros hidráulicos que podemos considerar más representativos para el acuífero del Mioceno objeto de la recarga serían los siguientes:

- Transmisividad. Comprendida entre 100 y 1.000 m²/día, con un valor inferior en las inmediaciones del sondeo Peña del Aguila (del orden de 10-20 m²/día) y con valores más elevados en el entorno del sondeo de inyección (próxima o superior a 800 m²/día).

- Coefficiente de almacenamiento. Para el conjunto del acuífero parece más probable un valor comprendido entre 0,04 y 0,05 (porosidad eficaz del 4-5%), similar al obtenido en el entorno del sondeo de inyección, aunque localmente (sondeo Peña del Aguila) puede disminuir hasta 0,002-0,004 (2 al 4^o/100).

5.2.- ANALISIS DEL VACIADO DEL ACUIFERO EN EL PERIODO 1.981-1.985

Para contrastar la validez de los valores de porosidad eficaz obtenidos a partir de los bombeos de ensayo y para mejorar el conocimiento de las dimensiones del acuífero, basado en la geología de superficie y en el apoyo de la geofísica eléctrica, se ha llevado a cabo un análisis detallado del vaciado del acuífero que tuvo lugar entre 1.981 y 1.985, como consecuencia de los bombeos para abastecimiento a Mancha Real.

Para ello se parte de la ecuación del balance hídrico del acuífero, que para este caso concreto se puede expresar de la forma:

$$V = B - R_i \quad (1)$$

en la que

- V = Variación de reservas
- B = Bombeo
- R_i = Recarga por infiltración

Una vez conocidos B y R_i , que se calculan más adelante, se obtiene el valor de V, que a su vez se puede expresar:

$$V = A \times h \times S \quad (2)$$

donde: A = Superficie del acuífero
h = Variación del nivel piezométrico en el periodo
S = Porosidad eficaz

A partir de los valores de V y h (deducido de la evolución piezométrica) se puede calcular la superficie del acuífero en función de su porosidad eficaz, o a la inversa, para contrastar los resultados con los anteriormente obtenidos por otros procedimientos.

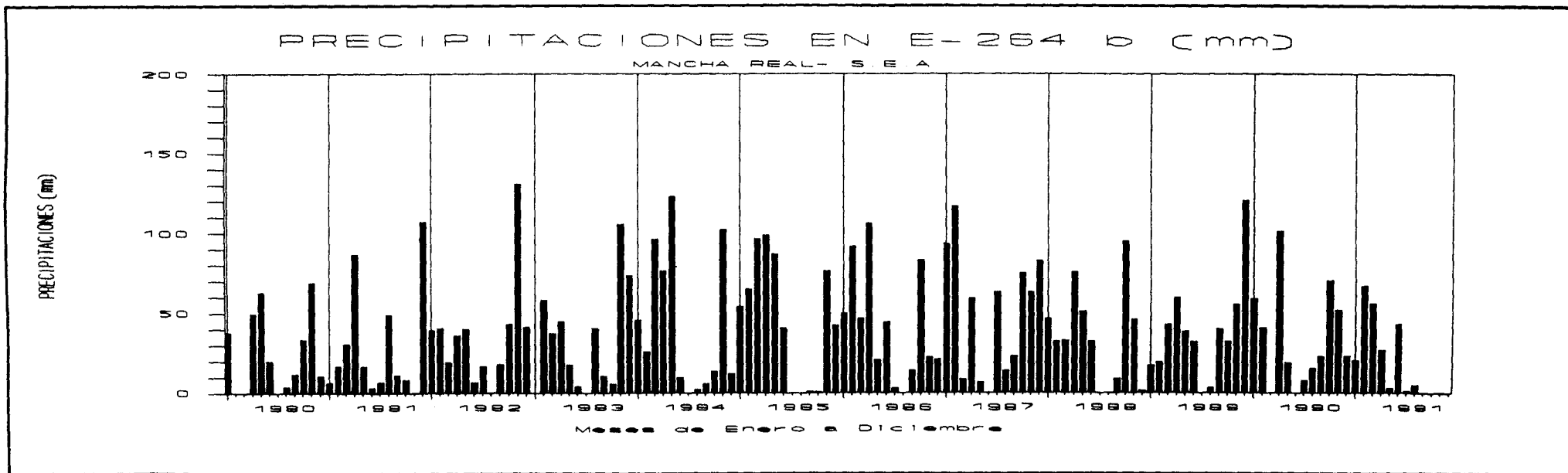
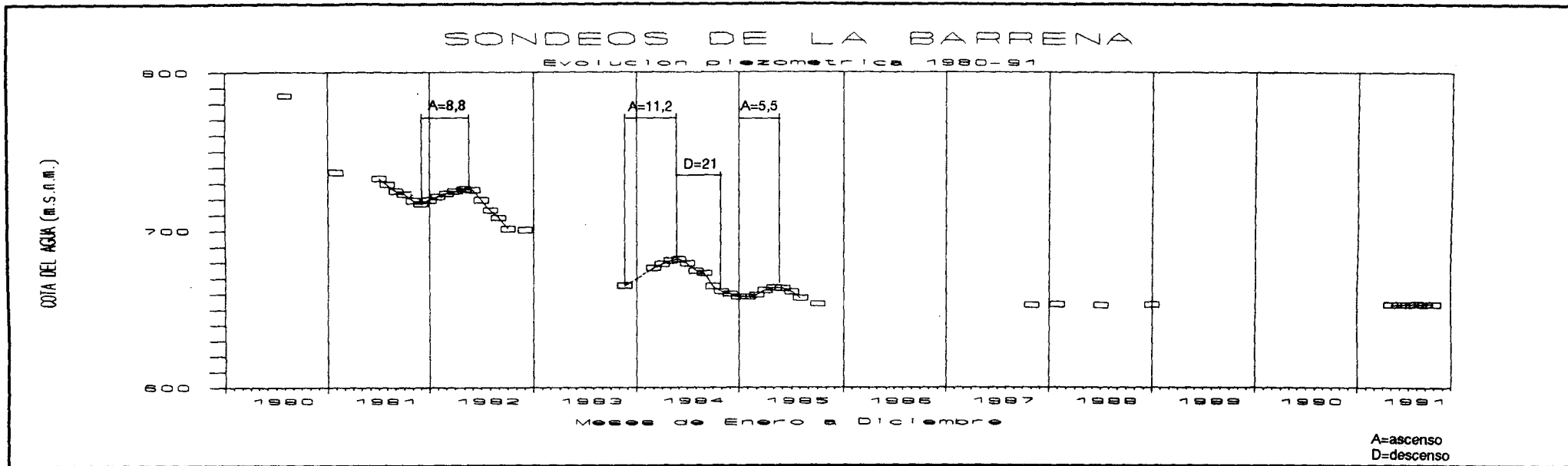
Para el análisis del vaciado se ha elegido el periodo comprendido entre Febrero de 1.981 y Agosto de 1.985, por ser suficientemente extenso, corresponder a un claro periodo de sobreexplotación y disponer de datos de evolución piezométrica que se medían con cierta regularidad en los sondeos Barrena I y II (figura 5).

Aunque la metodología general comentada es bastante simple en sus líneas generales, la inexistencia de unos datos de partida fiables, sobre la cuantía de los bombeos realizados en el acuífero y sobre la posible recarga por infiltración, obliga a realizar su evaluación por métodos indirectos, en base a una serie de hipótesis fundadas en el conocimiento del acuífero y del abastecimiento a Mancha Real hoy disponible.

Ello obliga, por otra parte, a realizar los cálculos para cada año o fracción del periodo considerado.

En el cuadro adjunto se resumen el proceso de cálculo y los resultados obtenidos, que se comentan a continuación.

FIGURA 5.- EVOLUCION PIEZOMETRICA DE LOS SONDEOS DE LA BARRENA (1938-3002 Y 3025)



CALCULO DE LA VARIACION DE RESERVAS EN EL ACUIFERO MIOCENO DE MANCHA REAL
(Febrero 1.981--Agosto 1.985)

HIPOTESIS A

PERIODO	CONSUMO URBANO (m ³ /año)	APORTACION MANANTIALES (m ³ /año)	BOMBEO ACUIFERO (m ³ /año)	ASCENSO RECARGA (m)	LLUVIA (mm)	RECARGA ESTIMADA (m ³ /año)	EXTRACCION RESERVAS (m ³ /año)
Feb.-Dic 1.981	815833	225807	590026	1.5 (*)	152	26000 (*)	564026
1.982	890000	309168	580832	8.8	283	153622	427210
1.983	890000	284178	605822	1.7 (*)	158	30000 (*)	575822
1.984	890000	366289	523711	11.1	296	193773	329938
En.-Ag. 1.985	593333	233721	359613	5.5	271	96014	263599
TOTAL	4079167	1419163	2660004			499408	2160595

HIPOTESIS B

PERIODO	CONSUMO URBANO (m ³ /año)	APORTACION MANANTIALES (m ³ /año)	BOMBEO ACUIFERO (m ³ /año)	ASCENSO RECARGA (m)	LLUVIA (mm)	RECARGA ESTIMADA (m ³ /año)	EXTRACCION RESERVAS (m ³ /año)
Feb.-Dic 1.981	1008333	225807	782526	2.6 (*)	152	45000 (*)	737526
1.982	1100000	309168	790832	8.8	283	215222	575610
1.983	1100000	284178	815822	2.9 (*)	158	50000 (*)	462238
1.984	890000	366289	523711	11.1	296	193773	329938
En.-Ag. 1.985	733333	233721	499613	5.5	271	134514	365099
TOTAL	5041666	1419163	3622504			716208	2906285

(*).- Datos extrapolados gráficamente, a partir de la correlación recarga-precipitación (Figura 6)

Consumo urbano: Se supone constante durante todos los años del periodo y respecto a su cuantía se establecen dos hipótesis:

Hipótesis A.– Se supone un consumo urbano igual al de 1.991 (890.000 m³/año)

Hipótesis B.– Se supone un consumo urbano superior en un 25% al de 1.991 (1.100.000 m³/año).

En principio parece más próxima a la realidad la segunda hipótesis, ya que la población se ha mantenido estable, en 1.991 ha habido fuertes restricciones de suministro (hasta 12 horas/día en verano) y en el periodo considerado se disponía del caudal de los sondeos de La Barrena y Peña del Aguila, que permitía cubrir totalmente las necesidades. Para las fracciones de año se calcula el consumo en proporción al número de meses.

Aportaciones del Manantial de los Charcones: Este concepto se refiere al caudal utilizado para abastecimiento procedente de ese origen. Para 1.988 se evaluó en 300.600 m³/año, mediante 10 aforos directos. Para cada año considerado se calcula a partir de ese valor, con un coeficiente corrector en función de las lluvias ($P/P^{1.988}$) y en proporción al nº de meses si el periodo es menor de 1 año.

Bombes: Los bombes realizados sobre el acuífero se deducen restando al consumo urbano el caudal utilizado del manantial de los Charcones, para cada periodo.

Recarga del acuífero: La recarga del acuífero se ha calculado en función de los ascensos de nivel observados en el periodo Noviembre–Diciembre/Mayo–Junio, y supuesto el mismo almacenamiento específico para vaciado y llenado del acuífero. El proceso seguido es el siguiente:

- En primer lugar se ha seleccionado un periodo de descenso piezométrico bien marcado y debido exclusivamente a bombeo, como es el comprendido entre

Junio y Octubre de 1.984, en el que las lluvias fueron prácticamente despreciables. Conocido el bombeo realizado (366.000 a 513.000 m³/año según la hipótesis que se considere) y el descenso que provoca en el acuífero (21 metros), se obtiene el almacenamiento específico (17.450 a 24.450 m³/m), respectivamente.

- A continuación se han medido los ascensos debidos a recarga para los años que ha sido posible, en función de las medidas piezométricas, resultando ser de 8,8 metros en 1.982, 11,2 metros en 1.984 y 5,5 metros en 1.985. Supuesto el mismo almacenamiento específico antes deducido, se obtienen las correspondientes recargas.
- Comparando la recarga de cada periodo con la lluvia que la provoca se establece la correlación precipitación recarga (Figura 6), que a su vez permite deducir gráficamente la recarga de los años 1.981 y 1.983, a partir de los datos de precipitación del periodo Noviembre-Diciembre/Mayo-Junio, que es cuando tiene lugar la misma.

Extracción de reservas: Las reservas extraídas en cada periodo se obtienen, por último, restando a los bombeos la recarga.

Los resultados finales obtenidos muestran que, para el periodo 1.981-1.985 en que se produjo un descenso piezométrico de 81 metros, la extracción de reservas sería de 2,16 hm³ en la hipótesis A y 2,91 hm³ en la hipótesis B.

A partir de estos valores y mediante la fórmula (2), se pueden contrastar o acotar los datos de superficie del acuífero y porosidad eficaz antes obtenidos:

- Si se consideran válidos los valores de porosidad eficaz deducidos de los bombeos de ensayo (4-5%), la superficie del acuífero quedaría acotada entre 0,53 y 0,9 Km², para las hipótesis A y B, respectivamente.

- A partir de la superficie obtenida por planimetría de los límites del acuífero (0,85 Km²), la porosidad eficaz que se obtiene es del 3% (hipótesis A) o del 4% (hipótesis B).

Aunque los resultados obtenidos son del mismo orden de magnitud, quizá resultan más coherentes entre sí en el caso de la hipótesis B, que "a priori" se consideraba más realista. En definitiva los valores que se pueden considerar como más probables para los diversos parámetros son los siguientes:

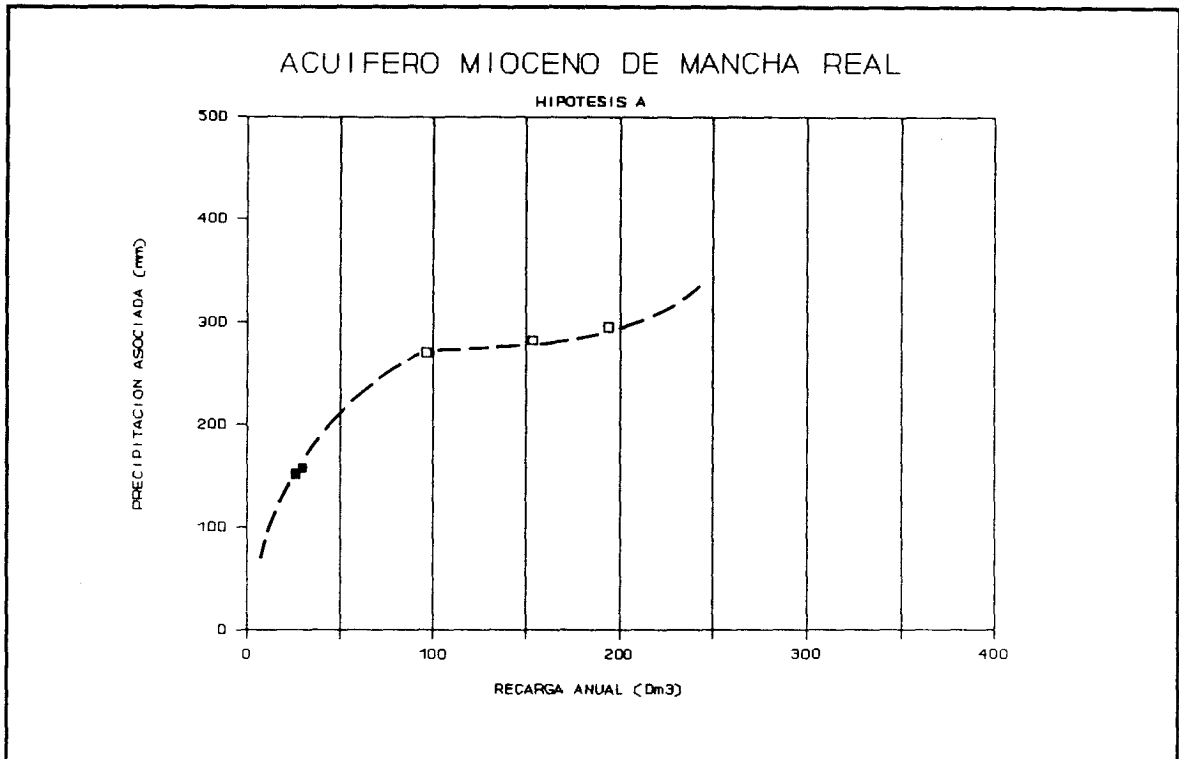
- Superficie:	0,85 Km ²
- Porosidad eficaz:	4%
- Vaciado de reservas (1.981-85):	2,9 hm ³
- Recarga media (1.981-85):	0,14 hm ³ /año

La recarga media obtenida del balance supondría una infiltración de 168 mm/año sobre la superficie del acuífero, que representa un 30% de las precipitaciones o un 75% de la lluvia útil en la zona (calculada para una reserva útil del suelo de 75 mm), magnitudes totalmente coherentes con las previsibles para ese tipo de terrenos.

5.3.- CAUDAL MÁXIMO DE ADMISIÓN EN EL SONDEO BARRENA I (1.938-3002)

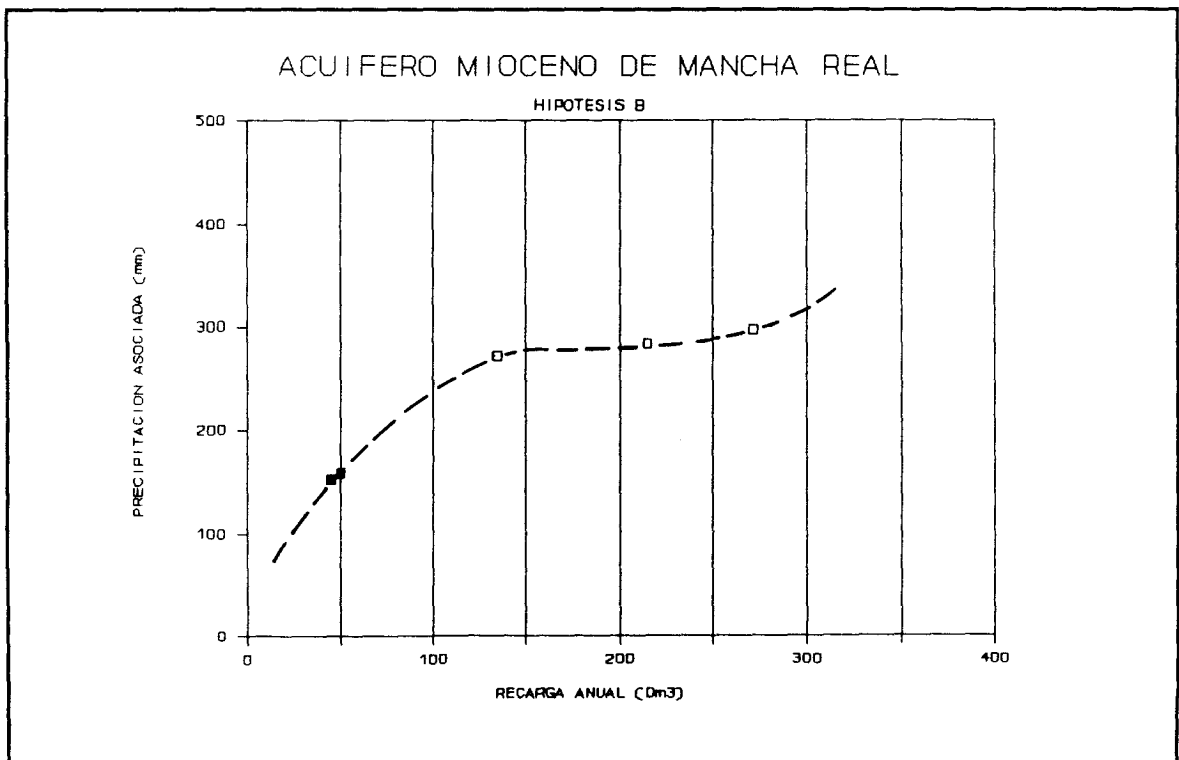
Para calcular el caudal máximo de admisión del sondeo de inyección se puede utilizar el método de Gilg-Gavard, que tiene en cuenta los parámetros hidráulicos del acuífero y las dimensiones del sondeo por el que se realiza la inyección.

Fig 6.- CORRELACION PRECIPITACION-RECARGA



□ Datos medidos
■ Datos Extrapolados

----- Funcion supuesto



La expresión general para sondeos no puntuales y con longitud de la zona filtrante mayor de 6 metros es:

$$Q = 10 \times K (1,032 l + 30 \phi)h$$

en la que: Q = Caudal máximo de admisión (l/s).
 K = Permeabilidad del terreno (cm/s).
 l = Longitud útil de la zona filtrante (m).
 ϕ = Diámetro de la zona filtrante (m).
 h = Columna de agua sobre el nivel estático inicial o sobrepresión (m).

En nuestro caso concreto $k = 0,058$ cm/s (deducida a partir de la transmisividad del ensayo de inyección y del espesor saturado inicial) y $\phi = 0,3$ metros, con lo que se puede calcular el caudal máximo en función de la profundidad a que se sitúe el nivel dinámico durante la inyección (de 0 a 169 metros), que condiciona los valores de l y h .

Por otra parte, el caudal de inyección está limitado por las características del entubado del sondeo (diámetro, longitud de rejilla y porcentaje de paso útil) y por la velocidad máxima que se tolere para el paso del agua por la rejilla. Ello vendría expresado por la fórmula:

$$Q_{\max} = 10 \pi \phi \times h \times P_u \times v, \text{ en la que:}$$

P_u = Porcentaje de paso útil de la rejilla.
 v = Velocidad del agua a través de la rejilla (m/s).

Los restantes parámetros tienen igual significado y unidades que en la fórmula anterior, obteniéndose el caudal en l/s.

En el caso del sondeo Barrena I se considera que el porcentaje máximo de paso de la rejilla deber ser del 10%, por tratarse de tubería ranurada a soplete. La

velocidad óptima de paso del agua a través de la rejilla se sitúa alrededor de 3 cm/s (Custodio, 1.976), aunque otros autores (Walton, 1.970, in Custodio, 1.976), ligan tal velocidad con la permeabilidad del terreno. En este último caso la velocidad óptima sería de 2,25 cm/s, pudiendo considerarse tolerable una velocidad máxima de 5 cm/s.

En la tabla y gráfica que se incluyen a continuación se reflejan los caudales obtenidos mediante las dos formulas (y para las velocidades óptimas y máxima consideradas), ante diferentes situaciones del nivel dinámico en el sondeo de inyección.

Como se observa, aunque el caudal de admisión teórico del acuífero superaría los 1.000 l/s con una sobrepresión de 40 metros (nivel de agua a 129 metros de la superficie), el caudal óptimo de paso por la tubería del sondeo se estabiliza en unos 210 l/s para sobrepresiones de 100 o más metros (profundidad del agua de unos 69 metros desde la boca del sondeo de inyección), pudiendo inyectarse caudales superiores (hasta 470 l/s) si se permite una cierta tolerancia en la velocidad de paso del agua por la rejilla (0,05 m/s).

En definitiva, se puede afirmar que el sondeo Barrena I, en las condiciones actuales, permitiría inyectar caudales superiores a 200 l/s con un nivel dinámico de más de 130 metros (sobrepresión menor de 40 metros), ya que la velocidad del agua a través de la rejilla se podría controlar durante la extracción de agua pero no durante la recarga, en la que sería siempre superior a la considerada.

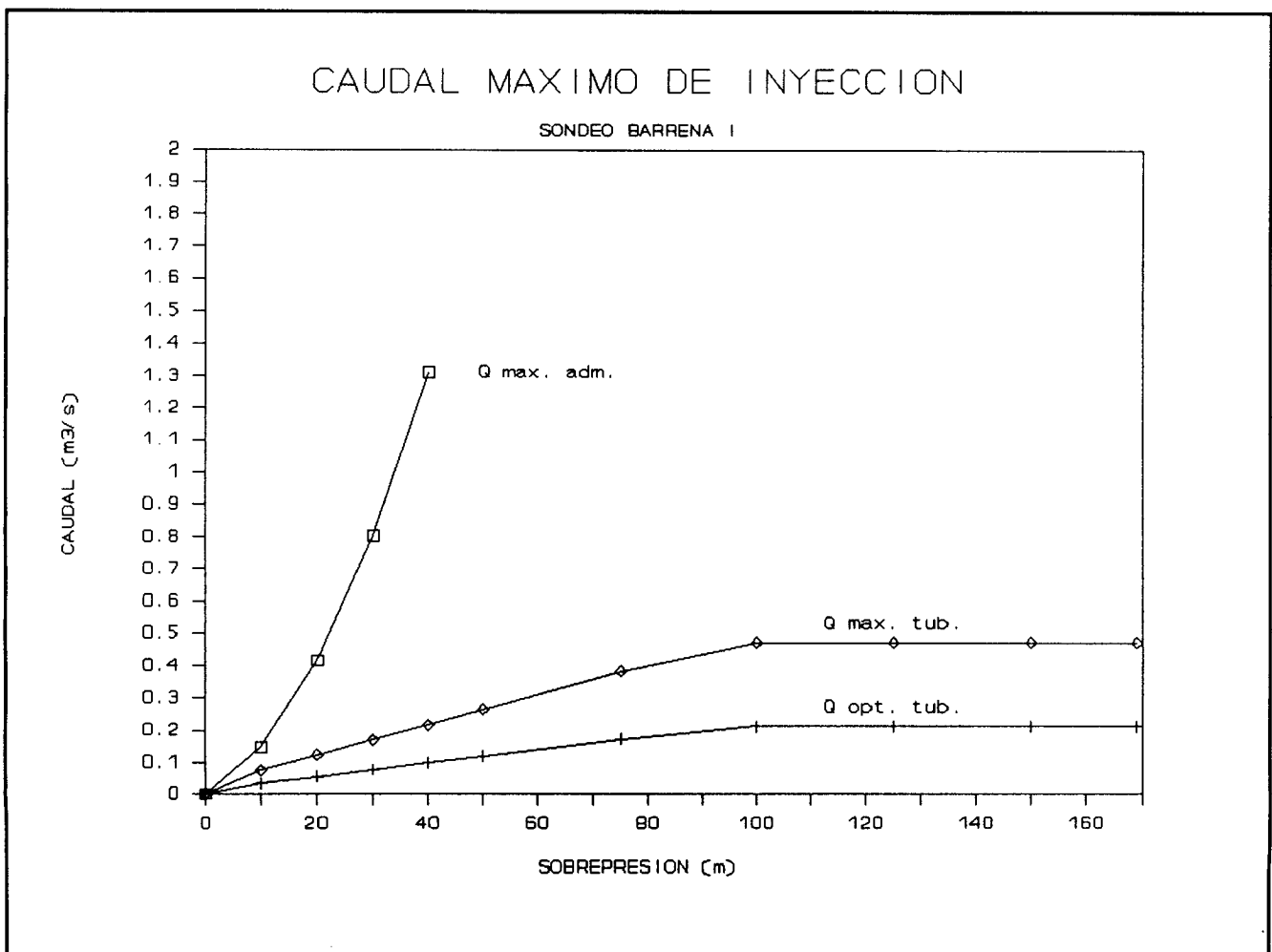
5.4.- PREVISIONES DE LLENADO

El volúmen de agua que potencialmente podría recargarse en el acuífero Mioceno, se puede calcular considerando una altura de agua de 126 metros (diferencia entre el manantial Las Pilas a cota 780 m.s.n.m. y el nivel de agua actual a 654 m.s.n.m.), una superficie de acuífero de 850.000 m² y una porosidad eficaz del 0,04 (4%). Con estos valores, el volumen de agua potencialmente almacenable en el acuífero, sería de aproximadamente 4,3 hm³.

CAUDALES MAXIMOS DE INYECCION EN EL SONDEO BARRENA I (l/s)

Diámetro del sondeo: 300 mm
 Permeabilidad acuífero: 0.058 cm/s
 Velocidad óptima: 0.022 m/s
 Velocidad máxima: 0.05 m/s
 Porcentaje de paso: 10 %

Prof. n.d.	169	159	149	139	129	119	94	69	44
Long. filtro	6	16	26	36	46	56	81	100	100
Sobrepresión	0	10	20	30	40	50	75	100	125
Q max. adm.	0	148	416	803	1310				
Q opt. tub.	0	34	55	76	98	119	172	212	212
Q max. tub.	0	75	123	170	217	264	382	471	471



Contando con los excedentes evaluados en la cabecera del río Torres (0,75–1,5 hm³/año), tal volumen se recargaría en un plazo de 3–6 años, quedando el nivel estático en los sondeos de la Barrena a unos 30–40 metros de profundidad.

Para futuras pruebas de recarga de mayor duración, y supuesto que se dispusiera del caudal continuo del sondeo de Pegalajar durante 4–5 meses, el ascenso de nivel previsible por llenado del acuífero sería de 3,6–4,6 metros, o de 7–10 metros si se dispone de los sondeos de Pegalajar y los Pinos conjuntamente.

6.- HIDROQUIMICA

6.- HIDROQUIMICA

Para conocer las características químicas del agua de inyección y de la del acuífero mioceno, así como para valorar las posibles reacciones producidas tras la mezcla de ambas, se llevaron a cabo 4 registros verticales de conductividad y temperatura y seis análisis químicos.

Los registros de conductividad y temperatura se han llevado a cabo en el sondeo Barrena II, muy próximo al de inyección, que era el único que lo permitía. El primero de ellos corresponde al estado inicial del acuífero y los siguientes se realizaron tras la 1ª y 2ª inyección y pasados 27 días de esta última, respectivamente. Los datos obtenidos se incluyen en el Anejo 4 y se representan en el gráfico de la Figura 7.

Los análisis químicos corresponden uno al agua utilizada para la recarga (sondeo de Pegalajar), tres al sondeo Barrena II (muestras tomadas con botella lastrada

durante los registros de conductividad entre 166 y 184 metros) y dos al agua bombeada del acuífero mioceno en el sondeo Peña del Aguila después de las pruebas de recarga. Los resultados analíticos se adjuntan en el Anejo 5 y se resumen gráficamente en el Diagrama de Piper de la Figura 8, que incluye un análisis realizado en 1.967 en el sondeo Barrera II.

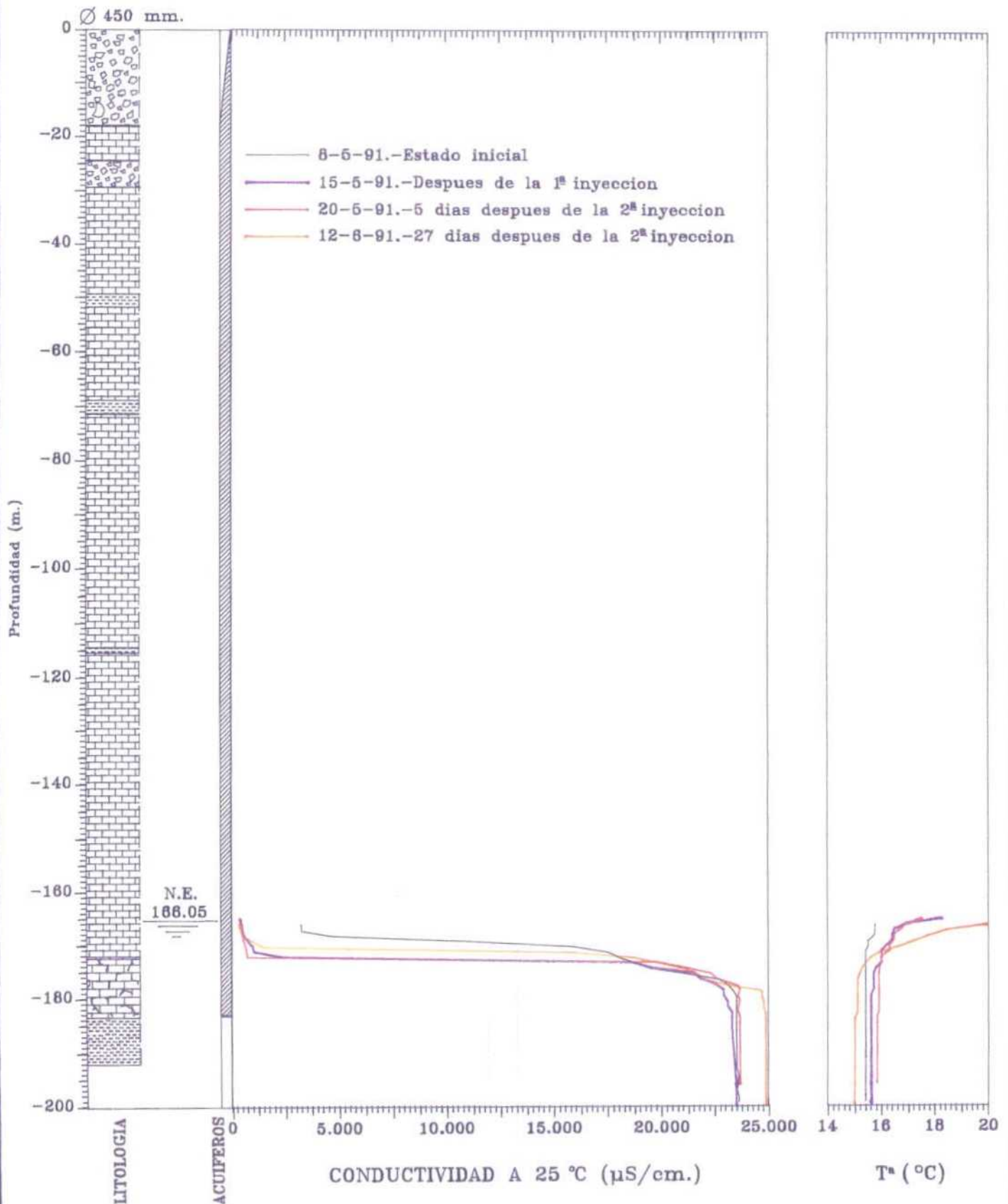
REGISTRO VERTICAL DE CONDUCTIVIDAD Y TEMPERATURA

SONDEO N° : 1938-3025

TOPONIMIA: _____

Barrena II

FECHA: Varias



OBSERVACIONES: Muestras tomadas con botella lastrada de 166 a 184 m.

FIG. 7

DIAGRAMA DE PIPER

Nº de muestra	Símbolo	Nº I.T.G.E.	Toponimia	Procedencia	Fecha	Conduct. ($\mu\text{S/cm}$)
1	●	1938-3020	S. Pegalajar	Agua de recarga	8-5-91	650
2	●	1938-3002	S. Barrena I	Acuífero Mioceno	5-1-67	400
3	●	1938-3025	S. Barrena II	Acuífero Mioceno (Antes de la recarga)	8-5-91	19.030
4	●	1938-3025	S. Barrena II	Acuífero Mioceno (Tras 1ª inyección)	15-5-91	18.620
5	●	1938-3025	S. Barrena II	Acuífero Mioceno (Tras 2ª inyección)	20-5-91	18.180
6	●	1938-3019	Peña del Aguila	Inicio bombeo	24-5-91	650
7	●	1938-3019	Peña del Aguila	21 horas bombeo	25-5-91	620

- Agua de recarga
- Agua del Acuífero Mioceno (datos históricos)
- Agua del Acuífero Mioceno (pruebas de recarga)
- Agua del Acuífero Mioceno (bombeo)

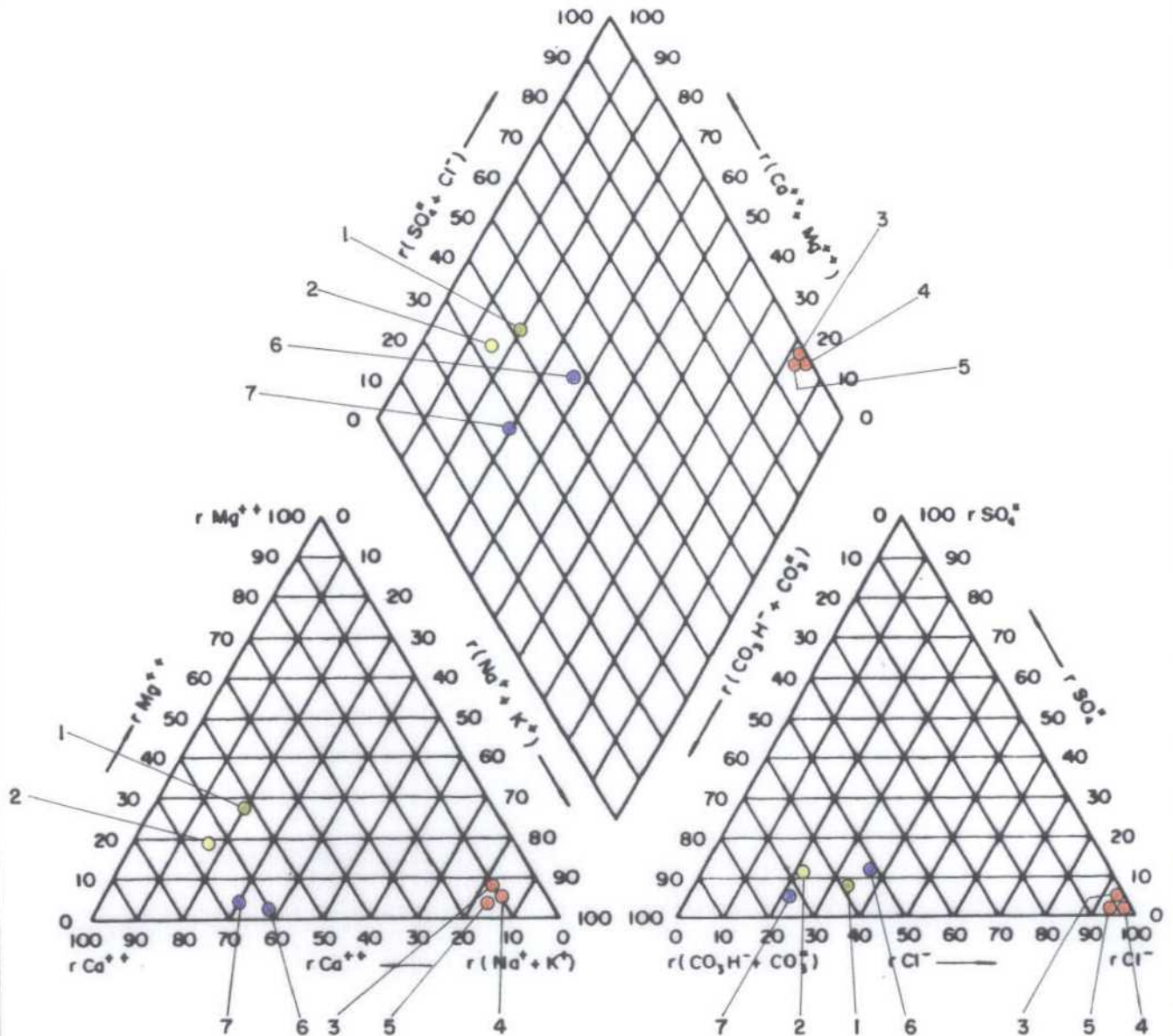


FIG. 8. -ANÁLISIS DE AGUA DEL ACUÍFERO MIOCENO DE MANCHA REAL Y DEL AGUA DE RECARGA.

6.1.- REGISTROS DE CONDUCTIVIDAD

Los registros de conductividad realizados en el sondeo Barrena II aportan nuevos datos de indudable interés sobre el estado actual del acuífero mioceno y han permitido un mejor seguimiento de la experiencia de recarga.

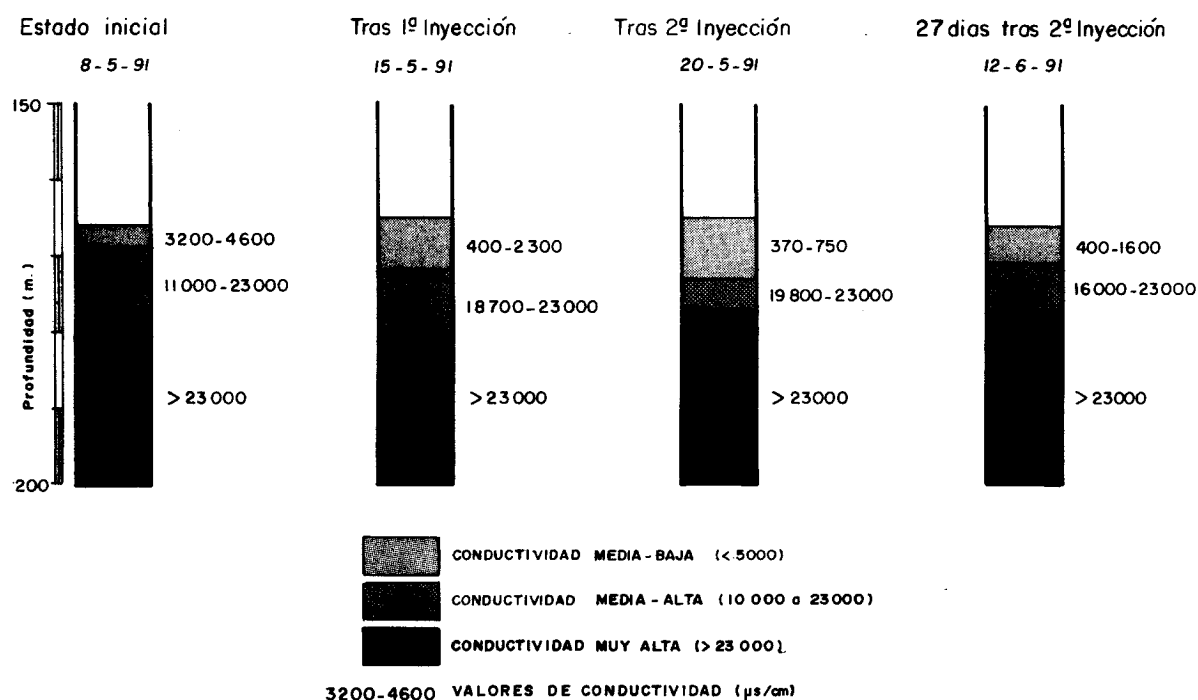
En primer lugar destaca la existencia de agua de alta salinidad en dicho sondeo, desconocida hasta la fecha. En efecto, el análisis realizado en 1.967 en el sondeo Barrena II corresponde a un agua de facies bicarbonatada cálcica y baja salinidad (conductividad de $400 \mu\text{S}/\text{cm}$), calidad que debió mantenerse con escasas variaciones hasta 1.985 en que dejó de utilizarse para abastecimiento, sin que haya constancia de problemas por tal motivo. El primer registro realizado antes de la recarga muestra la presencia de un agua fuertemente clorurada sódica, con conductividades variables de 3.200 a $23,500 \mu\text{S}/\text{cm}$, crecientes con la profundidad, y una temperatura próxima a $15,5^\circ\text{C}$ con escasas variaciones en la vertical ($15,7$ a $15,4^\circ\text{C}$).

Este hecho podría interpretarse como una anomalía local causada por el práctico agotamiento del acuífero, su aislamiento y la escasa o nula renovación del agua en los últimos años (el sondeo Peña del Aguila bombeaba un caudal equivalente al de infiltración sobre el acuífero), unidos a la existencia en profundidad de arcillas (blancas, marrones o verdes según los cortes de sondeos) que pudieran contener sales solubles. En cualquier caso tampoco se puede descartar la existencia de aguas más o menos salobres en profundidad, en épocas anteriores, tanto en este como en otros sondeos del acuífero, aunque no se haya puesto de manifiesto. Actualmente, el único sondeo que bombea en el acuífero (Peña del Aguila, situado a unos 300 metros del Barrena II) mantiene un agua de buena calidad, con conductividad inferior a $650 \mu\text{S}/\text{cm}$ y facies bicarbonatada cálcica. En caso de que se desmonte la instalación de bombeo, sería de interés la realización de un registro de conductividad en el mismo.

Los restantes registros de conductividad muestran claramente el efecto de la recarga, con un descenso de la conductividad que se manifiesta sobre todo en los

primeros metros y en la zona de mezcla agua dulce-agua salada, sin llegar a alterar las aguas más profundas e incluso acentuando el efecto de estratificación inicial.

Ello se puede observar perfectamente en el gráfico de los registros (figura 7) o en los perfiles comparados que se incluyen en la Figura 9, donde se han representado tres zonas que corresponderían a grandes rasgos a aguas dulces, salobres y saladas, respectivamente.



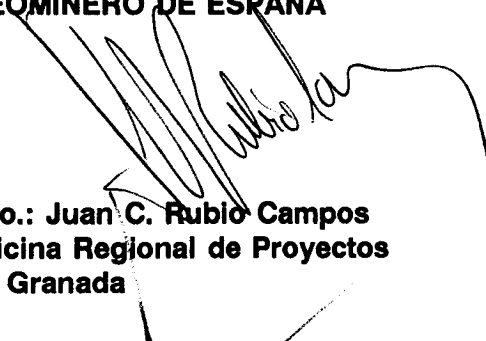
Como se observa, la zona superficial de agua dulce va aumentando progresivamente de espesor y disminuyendo su conductividad (de 3.200–4.600 $\mu\text{S/cm}$ en el estado inicial a 400–2.000 $\mu\text{S/cm}$ en las sucesivas inyecciones), acercándose relativamente al estado inicial tras el cese de la recarga pero sin alcanzar los valores iniciales.


Las muestras de agua integradas extraídas durante los registros presentan también ese descenso progresivo de conductividad (de 19.030 a 18.620 y 18.180 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente) a pesar de la escasa cuantía del volumen de agua inyectado.

6.2.- CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL AGUA DE RECARGA Y DEL AGUA DEL ACUIFERO

El agua utilizada para la recarga es de facies bicarbonatada cálcica y baja salinidad (conductividad de 650 $\mu\text{S}/\text{cm}$), similar a la original del acuífero mioceno y a la que aún se extrae del sondeo de Peña del Aguila según los análisis realizados, como se observa en el diagrama de Piper (figura 8). Tal similitud, unida a la escasa cuantía del volumen inyectado y a la anomalía hidroquímica detectada junto al sondeo de inyección, dificultan la interpretación de posibles fenómenos de mezcla, que no se ponen de manifiesto en el diagrama de Piper. Con pruebas de recarga de mayor duración e intervalos de bombeo más prolongados, podría obtenerse una información más precisa de la distribución y difusión del agua recargada en el acuífero, y de la posible interferencia entre el agua de recarga y la del acuífero a consecuencia de la mezcla.

V° B°
POR EL INSTITUTO TECNOLÓGICO
GEOMINERO DE ESPAÑA


Fdo.: Juan C. Rubio Campos
Oficina Regional de Proyectos
de Granada


Fdo.: Juan A. López Geta
Jefe de Área de Desarrollo
Tecnológico de la Dirección
de Aguas Subterráneas. Madrid

EL RESPONSABLE DE LA
EMPRESA COLABORADORA:


Fdo.: Javier Gollonet


Fdo.: Emilio Castillo Pérez

ANEJOS

ANEJO I.- FICHAS DE INVENTARIO



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

ARCHIVO DE PUNTOS ACUIFEROS

ESTADISTICA

Nº de registro 193830026

Nº de puntos descritos 01

Hoja topografica 1/50.000 JAÉN

Numero 19-38(947)

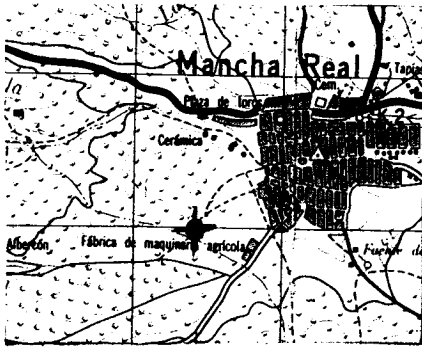
Coordenadas geograficas X Y

Coordenadas lambert X Y

4182000

445400

Croquis acotado o mapa detallado



Cuenca hidrografica

05

Sistema acuifero

29 34

Provincia JAÉN

41

Termino municipal MANCHA

REAL

Toponimia VISTA ALEGRE

Objeto INVESTIGACION

Cota D/mapa 1/10.000 745.00

Referencia topografica BORDE TUBERIA

Naturaleza SONDEO

Profundidad de la obra 110.00

Nº de horizontes acuiferos atravesados

Tipo de perforación ROTACION

Trabajos aconsejados por S.G.O.P.U.

Año de ejecución 91 Profundidad 110

Reprofundizado el año Profundidad final 110

MOTOR

Naturaleza

Tipo equipo de extracción

Potencia

BOMBA

Naturaleza

Capacidad

Marca y tipo

Utilización del agua

¿ Tiene perimetro de protección?

Bibliografía del punto acuifero

Documentos intercalados

Cantidad extraida (Dm³)

Entidad que contrata y/o ejecuta la obra S.G.O.P.U.

Escala de representación

1:50.000

Redes a las que pertenece el punto

PCIGH

Durante

68 70 dias

Modificaciones efectuadas en los datos del punto acuifero

Año en que se efectuó la modificación

DESCRIPCION DE LOS ACUIFEROS ATRAVESADOS

Numero de orden 84 85

Edad Geologica 86 87

Litología 88 93

Profundidad de techo 94 98

Profundidad de muro 99 103

Esta interconectado 104

Numero de orden 105 106

Edad Geologica 107 108

Litología 109 114

Profundidad de techo 115 119

Profundidad de muro 120 124

Esta interconectado 125

Nombre y dirección del propietario S.G.O.P.U.

Nombre y dirección del contratista

MEDIDAS DE NIVEL Y/O CAUDAL

CORTE GEOLOGICO

Fecha	Surgencia	Altura del agua respecto a la referencia	Caudal m ³ /h	Cota absoluta del agua	Metodo de medida
08/05/91		2100		724	Estimado
		231		721,9	Sonda

0-32 Arenas con algo de arcilla
 32-51,5 Calcarenitas
 51,5-101,2 Alternancia de calcarenitas y margas
 101,2-110 No se conoce

ENSAYOS DE BOMBEO

Fecha	
Caudal extraido (m ³ /h)	
Duración del bombeo horas	
Depresión en m.	
Transmisividad (m ² /seg)	
Coefficiente de almacenamiento	

Fecha	
Caudal extraido (m ³ /h)	
Duración del bombeo horas	
Depresión en m.	
Transmisividad (m ² /seg)	
Coefficiente de almacenamiento	

DATOS COMPLEMENTARIOS DE SONDEOS DEL P.A.N.U.

Fecha de cesión del sondeo	239 243	Resultado del sondeo	248
Coste de la obra en millones de pts.	245 247	Caudal cedido (m ³ /h)	249 253

CARACTERISTICAS TECNICAS

PERFORACION			REVESTIMIENTO					
DE	A	Ø en m.m.	DE	A	Ø interior en m.m.	espesor en m.m.	Naturaleza	OBSERVACIONES
0-	2	220	0-	2		200	HIERRO	
2-	110	180	0-	110	85	90	P.V.C.	

OBSERVACIONES Probablemente esté hundido entre 101,2 m. y 110 m.

Instruido por INGEMISA

Fecha 08/05/91

**ANEJO II.- PRECIPITACIONES EN LA ESTACION 264b
(MANCHA REAL, S.E.A.)**

ESTACION MANCHA REAL "S.E.A."

PROVINCIA JAEN

S.M.N.

CENTRO METEOROLOGICO DE GUADALQUIVIR

PRECIPITACION (en mm)

ARO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sepbre.	Octubre	Novbre.	Dicbre.	TOTAL	Serie tipo	Años comunes
Sumos anteriores de años															
1961															
1962															
1963															
1964															
1965															
1966															
1967	37.8	53.8	30.2	53.7	34.1	67.6	0.0	0.0	14.7	23.3	93.7	22.6	432.5		
1968	60	115.7	39.9	65.1	20.8	32.4	0.0	15.0	2.1	17.9	86.9	75.2	471.0		
1969	134.4	101.2	121.6	85.8	63.9	11.5	0.0	24.5	32.6	113.8	132.9	64.4	886.6		
1970	175.0	4.8	60.3	34.3	39.2	36.4	8.3	0.0	0.0	19.0	49.2	57.9	484.4		
1971	119.6	11.1	118.4	93.1	219.2	58.4	0.8		9.5	6.0	65.4	49.0			
1972	78.5	85.7	106.2	31.0	49.9	15.0	4.6	4.6	39.5	119.8	33.7	27.2	495.4		
1973	46.4	40.3	92.4	14.9	47.0	94.1	0.0	11.1	0.0	94.6	32.7	84.4	557.9		
1974	31.6	96.3	95.3	188.5	1.9	34.4	12	4.8	5.3	73.4	10.9	8.5	550.9		
1975	34.9	48.4	150.2	56.6	96.2	72.6	4.1	5.8	20.4	2.9	10.2	48.6	550.9		
1976	23.5	99.3	26.8	110.6	69.2	74.1	19.5	4.5	25.5	97.1	44.0	134.3	428.4		
1977	143.5	70.6	19.4	16		16.0	3.8		33.3	59.4	65.4	59.4			
1978	34.5	94.0	55.4	86.3	115.3	46.5	0.0	38.4	14.9	6.0	30.4	74.0	601.3		
1979	106.9	133.6	80.0	41.9	42.4	16.4	2.1	0.0	18.8	85.6	26.0	14.9	571.9		
1980	34.9			49.6	62.9	19.9	0.0	4.0	12.2	33.6	69.0	10.9			
1981	6.5	14.3	30.8	86.7	14.0	3.4	4.0	49.1	11.1	8.4	16	104.3	244.0		
1982	39.2	40.6	19.3	36.3	40.1	6.9	16.8	0.4	18.2	43.3	130.9	41.1	433.1		
1983	0.0	58.2	37.5	44.7	14.6	4.2	16	40.6	10.7	5.6	105.4	73.6	398.4		
1984	45.6	25.8	96.4	76.2	122.9	9.5	6.0	2.5	5.9	13.8	102.2	12.2	499.2		
1985	54.1	65.0	26.4	38.9	86.5	40.6	0.0	0.0	0.9	0.3	76.3	42.4	491.4		
1986	49.8	94.6	46.6	106.1	20.6	44.5	3.0	0.0	12.9	82.7	22.6	21.3	502.7		
1987	93.2	116.7	8.7	59.0	6.7	0.0	63.3	14.0	23.0	74.6	63.0	82.5	604.7		
1988	46.6	32.2	32.8	75.6	50.9	32.1	0.0	17	9.0	94.7	45.9	11.5	421.3		
1989	17.3	19.2	42.9	39.8	38.3	32.3	17	3.5	49.0	32.5	55.3	120.5	461.6		
1990	58.6	40.6	0.0	101.1	18.6	0.0	7.6	15.5	22.7	70.4	52.0	23.2	410.3		
Suma 1961 - 1990	1415.1	1662.0	1337.5	1595.8	1281.5	768.8	140.9	238.6	387.2	1179.0	1104.9	1261.2	10338.2		
Suma 1901 - 1990	24	25	23	24	23	24		22	22				21		
Media	59.0 (24)	63.6 (23)	58.0 (23)	66.5 (24)	55.7 (23)	32.0 (24)	5.9 (24)	10.8 (22)	16.1 (24)	49.1 (20)	58.5 (24)	52.6 (20)	576.1 (21)	R	r
Media homogeneizada R' = R r' r =															
Estación Tipo															

Día	PRECIPITACION mm	MEJORES OBSERVADOS			VIENTO DOMINANTE	Nombre de la Estación Provincia Número Mes Año Observador
		m	s	n		

Nombre de la Estación: Mancha Real S.E.A.
 Provincia: Juán Número: 2548
 Mes: Junio Año: 1991
 Observador: Agencia Cuarsal "SEA"

Día	PRECIPITACION mm	MEJORES OBSERVADOS	VIENTO DOMINANTE	Suma	NUMERO DE DIAS DE:							
					Lluvia	Nieve	Granizo	Tormenta	Niebla	Rocio	Escarcha	Nieve cubrió suelo

Día	DIA DE PRECIPITACION	Suma	DIAS DE PRECIPITACION							
			< 0.1 (ip.)	> 0.1	> 1.0	> 10.0	> 30.0			

PRECIPITACION MAXIMA EN UN DIA: 42 mm. día 27
 Viento dominante: 0
 Precipitación total del mes: 30.3 mm

Día	PRECIPITACION mm	MEJORES OBSERVADOS			VIENTO DOMINANTE	Nombre de la Estación Provincia Número Mes Año Observador
		m	s	n		

Nombre de la Estación: Mancha Real S.E.A.
 Provincia: Juán Número: 2548
 Mes: Junio Año: 1991
 Observador: Agencia Cuarsal "SEA"

Día	PRECIPITACION mm	MEJORES OBSERVADOS	VIENTO DOMINANTE	Suma	NUMERO DE DIAS DE:							
					Lluvia	Nieve	Granizo	Tormenta	Niebla	Rocio	Escarcha	Nieve cubrió suelo

Día	DIA DE PRECIPITACION	Suma	DIAS DE PRECIPITACION							
			< 0.1 (ip.)	> 0.1	> 1.0	> 10.0	> 30.0			

PRECIPITACION MAXIMA EN UN DIA: 18.5 mm. día 1
 Viento dominante: 0
 Precipitación total del mes: 68.8 mm

Día	PRECIPITACION mm	MEJORES OBSERVADOS			VIENTO DOMINANTE	Nombre de la Estación Provincia Número Mes Año Observador
		m	s	n		

Nombre de la Estación: Mancha Real S.E.A.
 Provincia: Juán Número: 2548
 Mes: Junio Año: 1991
 Observador: Agencia Cuarsal "SEA"

Día	PRECIPITACION mm	MEJORES OBSERVADOS	VIENTO DOMINANTE	Suma	NUMERO DE DIAS DE:							
					Lluvia	Nieve	Granizo	Tormenta	Niebla	Rocio	Escarcha	Nieve cubrió suelo

Día	DIA DE PRECIPITACION	Suma	DIAS DE PRECIPITACION							
			< 0.1 (ip.)	> 0.1	> 1.0	> 10.0	> 30.0			

PRECIPITACION MAXIMA EN UN DIA: 11.9 mm. día 27
 Viento dominante: 0
 Precipitación total del mes: 5.19 mm

Día	PRECIPITACION mm	MEJORES OBSERVADOS			VIENTO DOMINANTE	Nombre de la Estación Provincia Número Mes Año Observador
		m	s	n		

Nombre de la Estación: Mancha Real S.E.A.
 Provincia: Juán Número: 2548
 Mes: Junio Año: 1991
 Observador: Agencia Cuarsal "SEA"

Día	PRECIPITACION mm	MEJORES OBSERVADOS	VIENTO DOMINANTE	Suma	NUMERO DE DIAS DE:							
					Lluvia	Nieve	Granizo	Tormenta	Niebla	Rocio	Escarcha	Nieve cubrió suelo

Día	DIA DE PRECIPITACION	Suma	DIAS DE PRECIPITACION							
			< 0.1 (ip.)	> 0.1	> 1.0	> 10.0	> 30.0			

PRECIPITACION MAXIMA EN UN DIA: 13.6 mm. día 14
 Viento dominante: 0
 Precipitación total del mes: 26.8 mm

Día	PRECIPITACION mm	MEJORES OBSERVADOS			VIENTO DOMINANTE	Nombre de la Estación Provincia Número Mes Año Observador
		m	s	n		

Nombre de la Estación: Mancha Real S.E.A.
 Provincia: Juán Número: 2548
 Mes: Junio Año: 1991
 Observador: Agencia Cuarsal "SEA"

Día	PRECIPITACION mm	MEJORES OBSERVADOS	VIENTO DOMINANTE	Suma	NUMERO DE DIAS DE:							
					Lluvia	Nieve	Granizo	Tormenta	Niebla	Rocio	Escarcha	Nieve cubrió suelo

Día	DIA DE PRECIPITACION	Suma	DIAS DE PRECIPITACION							
			< 0.1 (ip.)	> 0.1	> 1.0	> 10.0	> 30.0			

PRECIPITACION MAXIMA EN UN DIA: 3.5 mm. día 31
 Viento dominante: 0
 Precipitación total del mes: 2.7 mm

Día	PRECIPITACION mm	MEJORES OBSERVADOS			VIENTO DOMINANTE	Nombre de la Estación Provincia Número Mes Año Observador
		m	s	n		

Nombre de la Estación: Mancha Real S.E.A.
 Provincia: Juán Número: 2548
 Mes: Junio Año: 1991
 Observador: Agencia Cuarsal "SEA"

Día	PRECIPITACION mm	MEJORES OBSERVADOS	VIENTO DOMINANTE	Suma	NUMERO DE DIAS DE:							
					Lluvia	Nieve	Granizo	Tormenta	Niebla	Rocio	Escarcha	Nieve cubrió suelo

Día	DIA DE PRECIPITACION	Suma	DIAS DE PRECIPITACION							
			< 0.1 (ip.)	> 0.1	> 1.0	> 10.0	> 30.0			

PRECIPITACION MAXIMA EN UN DIA: 35.0 mm. día 13
 Viento dominante: 0
 Precipitación total del mes: 43.0 mm

Día	PRECIPITACION mm	MEJORES OBSERVADOS			VIENTO DOMINANTE	Nombre de la Estación Provincia Número Mes Año Observador
		m	s	n		

Nombre de la Estación: Mancha Real S.E.A.
 Provincia: Juán Número: 2548
 Mes: Junio Año: 1991
 Observador: Agencia Cuarsal "SEA"

Día	PRECIPITACION mm	MEJORES OBSERVADOS	VIENTO DOMINANTE	Suma	NUMERO DE DIAS DE:							
					Lluvia	Nieve	Granizo	Tormenta	Niebla	Rocio	Escarcha	Nieve cubrió suelo

Día	DIA DE PRECIPITACION	Suma	DIAS DE PRECIPITACION							
			< 0.1 (ip.)	> 0.1	> 1.0	> 10.0	> 30.0			

PRECIPITACION MAXIMA EN UN DIA: 1.4 mm. día 28
 Viento dominante: 0
 Precipitación total del mes: 1.4 mm

Día	PRECIPITACION mm	MEJORES OBSERVADOS			VIENTO DOMINANTE	Nombre de la Estación Provincia Número Mes Año Observador
		m	s	n		

Nombre de la Estación: Mancha Real S.E.A.
 Provincia: Juán Número: 2548
 Mes: Junio Año: 1991
 Observador: Agencia Cuarsal "SEA"

Día	PRECIPITACION mm	MEJORES OBSERVADOS	VIENTO DOMINANTE	Suma	NUMERO DE DIAS DE:							
					Lluvia	Nieve	Granizo	Tormenta	Niebla	Rocio	Escarcha	Nieve cubrió suelo

Día	DIA DE PRECIPITACION	Suma	DIAS DE PRECIPITACION							
			< 0.1 (ip.)	> 0.1	> 1.0	> 10.0	> 30.0			

PRECIPITACION MAXIMA EN UN DIA: 2.3 mm. día 2
 Viento dominante: 0
 Precipitación total del mes: 4.5 mm

**ANEJO III.- INTERPRETACION DE LOS ENSAYOS DE INYECCION Y
RECUPERACION**

PARAMETROS HIDRAULICOS

La interpretación de los datos de nivel obtenidos en el sondeo Barrena II (1938-3025) durante las pruebas de inyección en el Barrena I (1938-3002), permite mejorar el conocimiento disponible sobre los parámetros hidráulicos del acuífero objeto de la recarga, mediante la formulación habitual de hidráulica subterránea para bombeos de ensayo.

*** Recuperación de la primera prueba de inyección**

Del gráfico ascenso residual (s') - $\log t/t'$ (fig. 1) se obtiene un valor de transmisividad de $1.015 \text{ m}^2/\text{día}$, considerando como válido el primer tramo de la recta. En el segundo tramo, se produce un cambio de pendiente probablemente por la influencia de barreras impermeables por lo que la transmisividad obtenida en dicho tramo, no se considera válida.

*** Segunda prueba de inyección**

Durante la segunda prueba de inyección, se tomaron medidas de la evolución del nivel en el sondeo Barrena II (1938-3025), simultáneamente con el limnógrafo

y con la sonda eléctrica. De la interpretación de los datos, se obtienen dos rectas de pendientes distintas (fig. 2) poniendo de manifiesto nuevamente la influencia de barreras hidráulicas. Puesto que el sondeo de observación está próximo al sondeo de inyección, la primera recta no estaría influenciada por las barreras, pudiendo calcularse los valores de transmisividad y el coeficiente de almacenamiento, que son de $252 \text{ m}^2/\text{día}$ y de 0,05 respectivamente. Estos valores han sido calculados por el método de Jacob. Aplicando el método de Theis a estos mismos datos, se obtiene una transmisividad de $287 \text{ m}^2/\text{día}$ y un coeficiente de almacenamiento de 0,04 (fig. 3). En cualquier caso estos resultados habría que tomarlos con ciertas reservas, ya que la evolución del nivel durante la inyección muestra una tendencia clara a la estabilización con el tiempo de bombeo, por lo que para su correcta interpretación se requeriría disponer de piezómetros a distintas distancias del pozo de bombeo, a fin de aplicar el método de Thiem para régimen permanente.

*** Recuperación de la segunda prueba de inyección**

A partir de la interpretación de los datos obtenidos en la recuperación tras la segunda prueba, vuelve a ponerse de manifiesto la existencia de dos rectas de distinta pendiente (fig. 4). Del tramo no influenciado por la barrera, se deduce una transmisividad de $882 \text{ m}^2/\text{día}$.

De todo lo expuesto anteriormente se concluye que la transmisividad del acuífero en el entorno del punto de inyección estaría comprendida entre 252 y $1.015 \text{ m}^2/\text{día}$ (próxima a $800 \text{ m}^2/\text{día}$ como valor más probable) y el coeficiente de almacenamiento entre 0,04 y 0,05.

PRIMERA INYECCION (RECUPERACION)

SONDEO BARRENA II (r=4,8 m.)

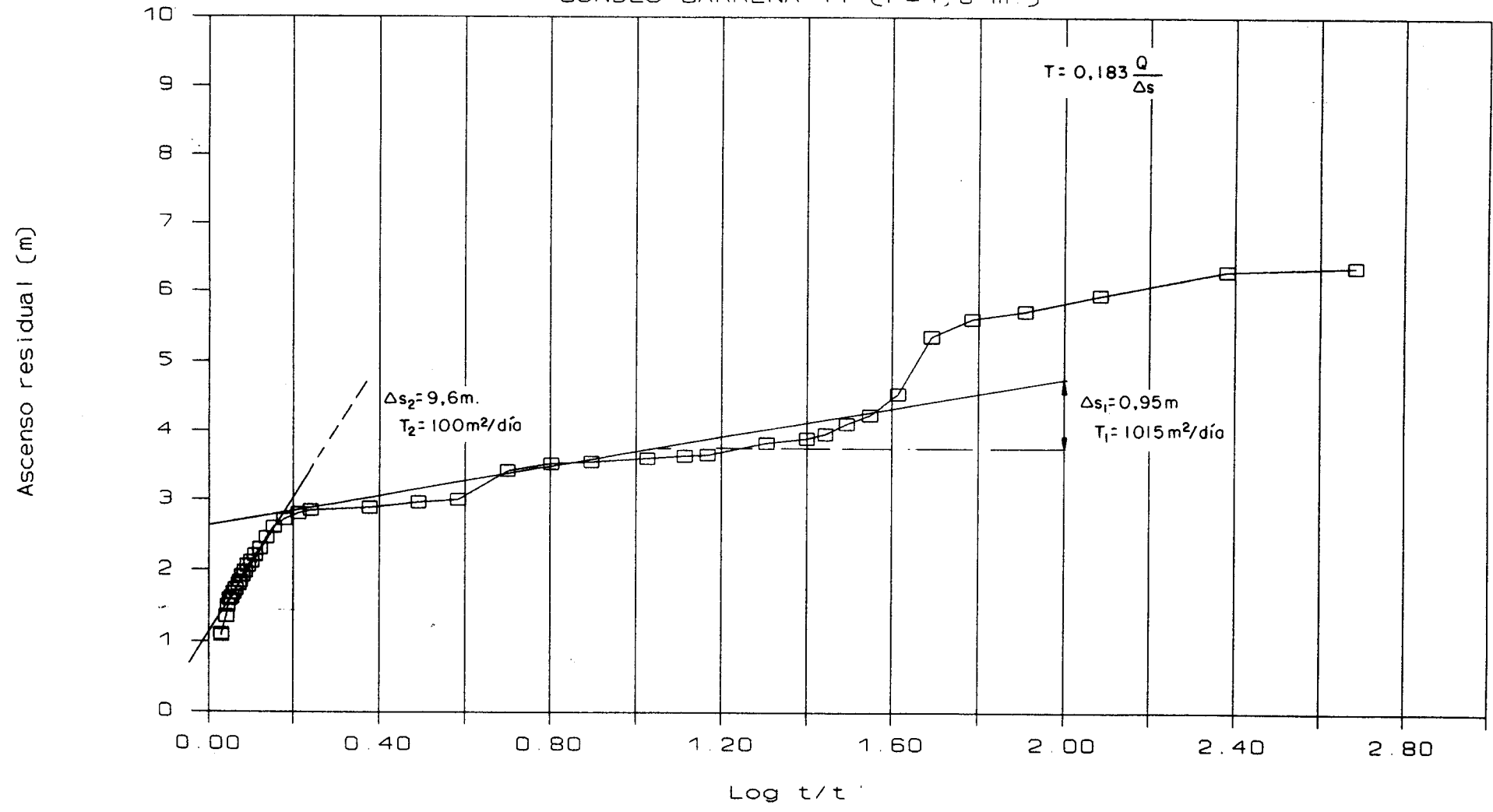


FIG. 1

SEGUNDA INYECCION (JACOB)

SONDEO BARENA II (r=4,8 m.)

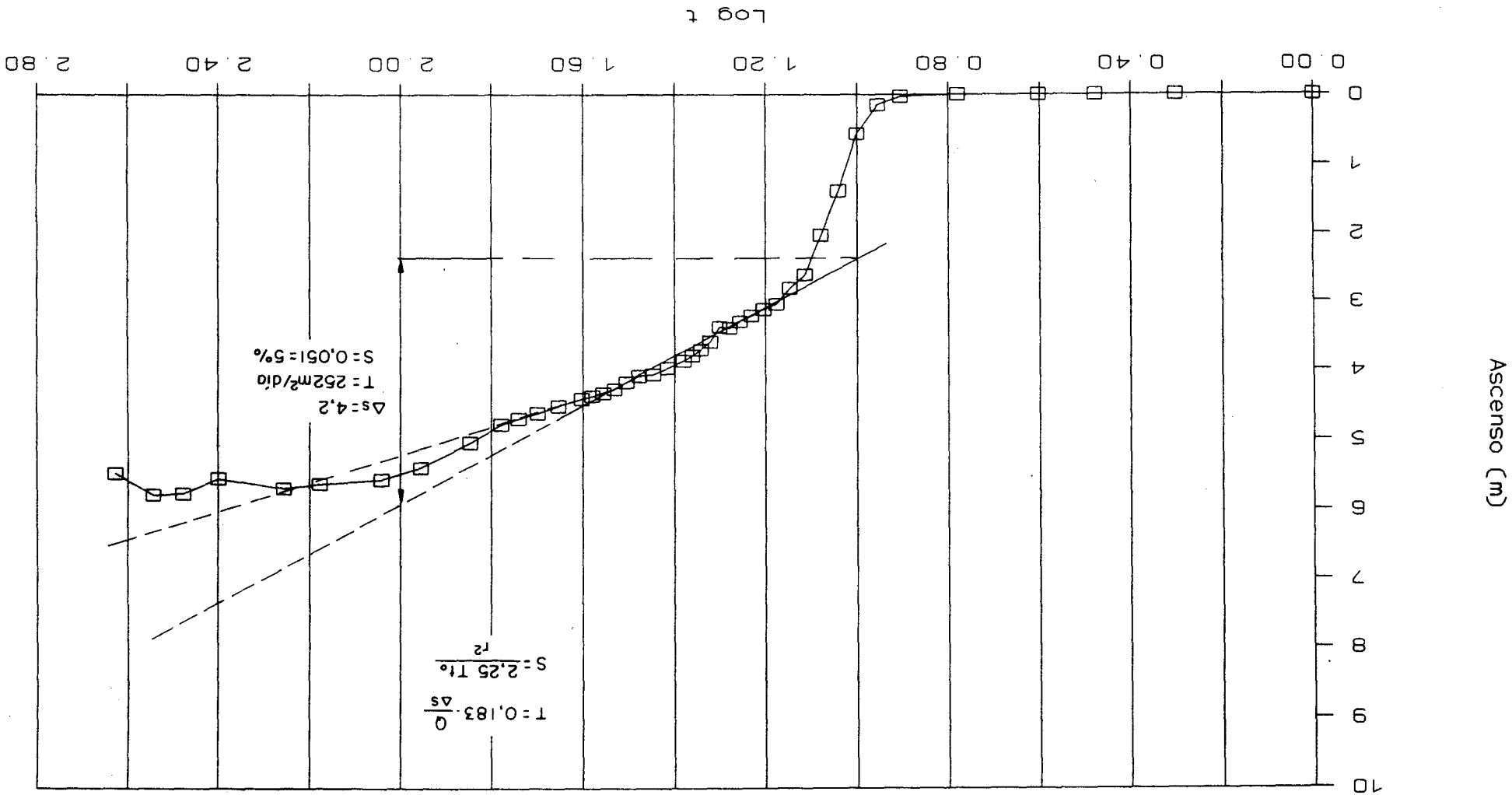


FIG. 2

SEGUNDA INYECCION (THEIS)

SONDEO BARRENA II (r=4,8 m.)

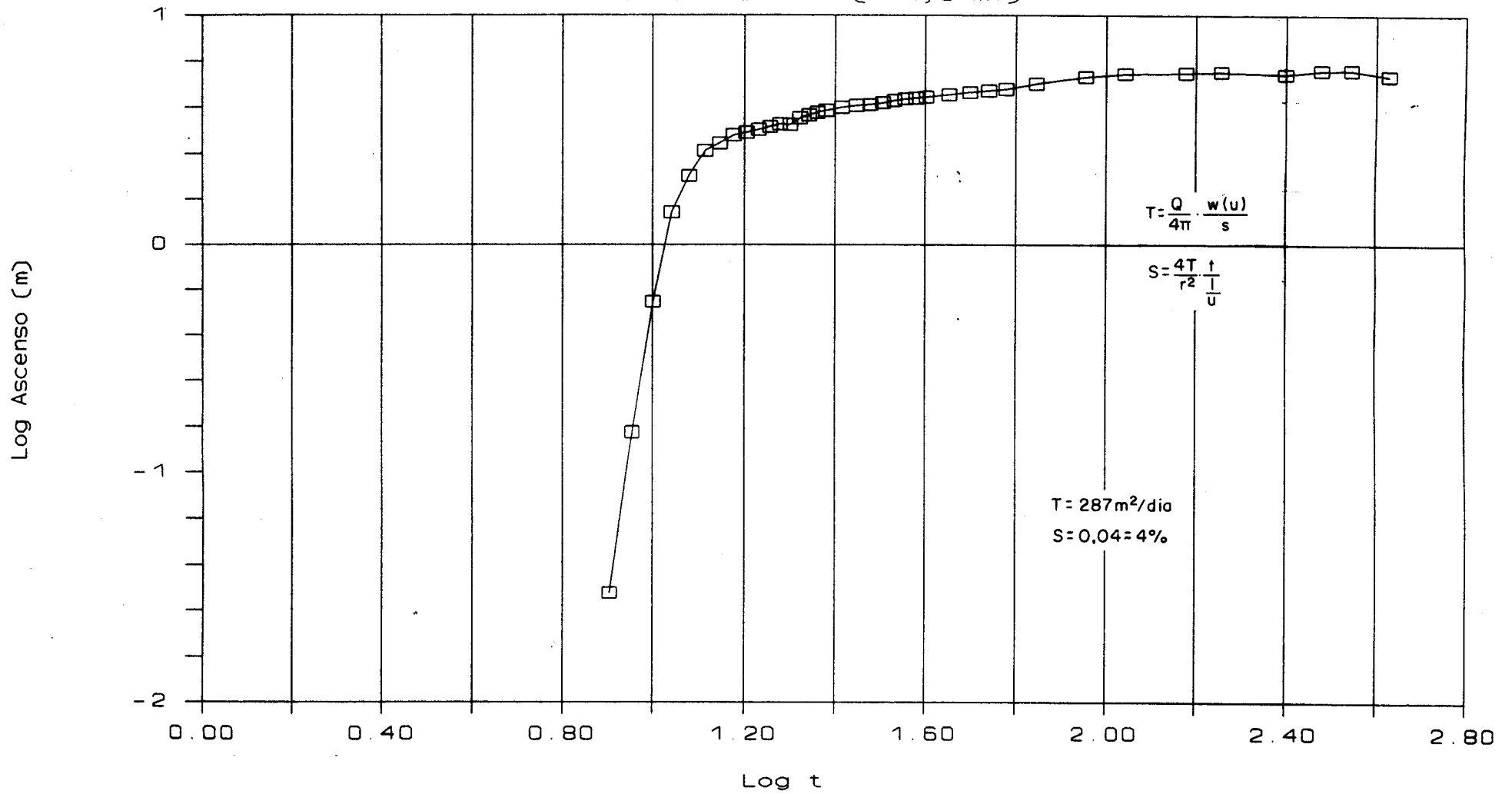


FIG. 3

SEGUNDA INYECCION (RECUPERACION)

SONDEO BARRENA 11 (r=4,8 m.)

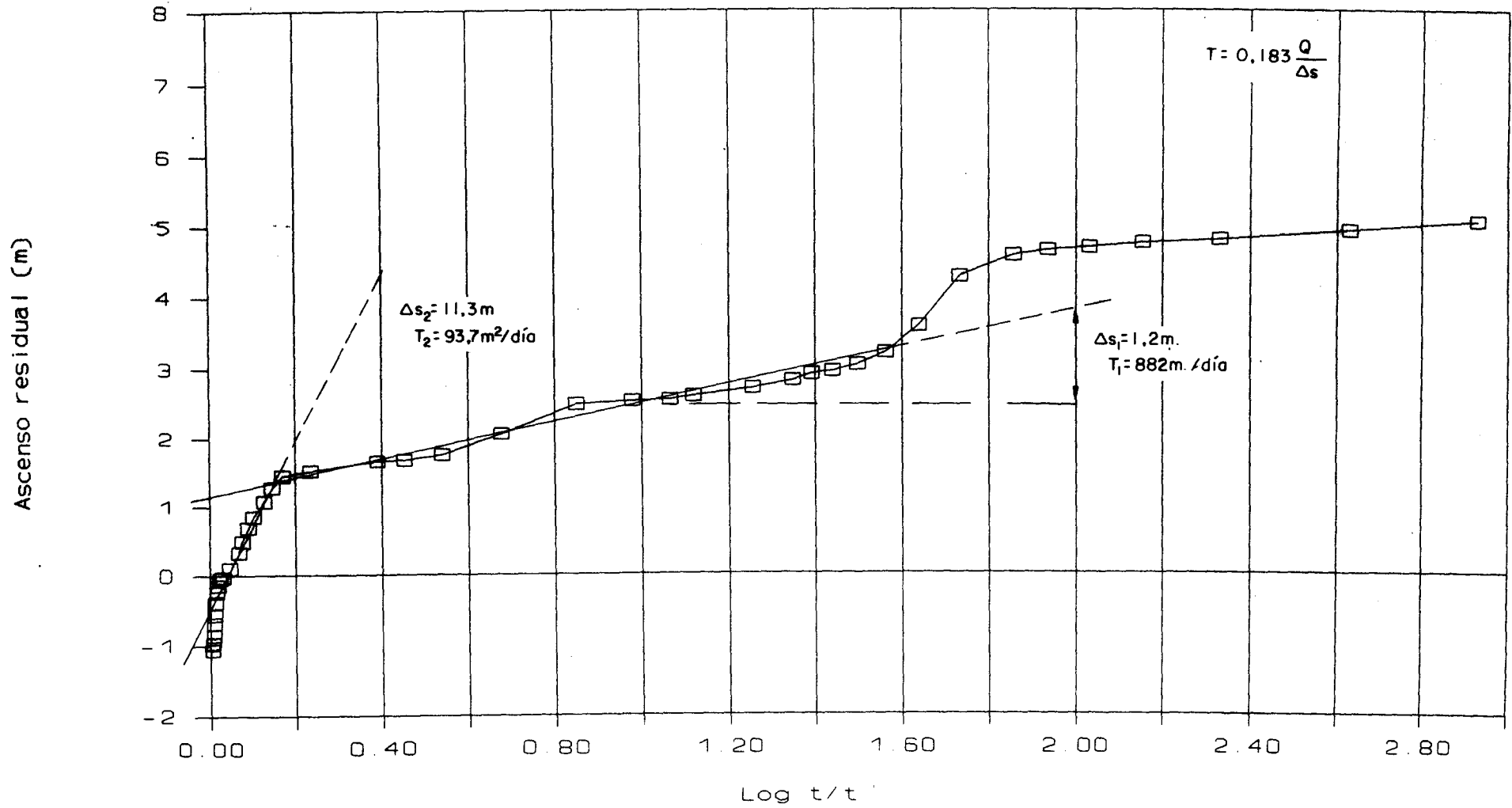


FIG. 4

A continuación se adjuntan las tablas de medidas de los ensayos de inyección y recuperación:

ENSAYO DE INYECCION EN EL SONDEO BARRENA I (MANCHA REAL).

Medidas de la recuperación en el sondeo Barrera II
 $Q_m = 61 \text{ l/s}$ Tiempo de inyección = 480 min.
 Fecha: 10-5-1991 $r = 4,80 \text{ metros}$

PRIMERA INYECCION

Tiempo de recuperación	t/t'	log t/t'	Ascenso residual
1	481.0	2.68	6.37
2	241.0	2.38	6.31
4	121.0	2.08	5.96
6	81.0	1.91	5.73
8	61.0	1.79	5.62
10	49.0	1.69	5.37
12	41.0	1.61	4.55
14	35.3	1.55	4.24
16	31.0	1.49	4.11
18	27.7	1.44	3.96
20	25.0	1.40	3.90
25	20.2	1.31	3.83
35	14.7	1.17	3.66
40	13.0	1.11	3.64
50	10.6	1.03	3.60
70	7.9	0.90	3.55
90	6.3	0.80	3.52
120	5.0	0.70	3.42
169	3.8	0.58	3.00
229	3.1	0.49	2.96
349	2.4	0.38	2.88
649	1.7	0.24	2.84
769	1.6	0.21	2.80
949	1.5	0.18	2.71
1129	1.4	0.15	2.60
1309	1.4	0.14	2.45
1489	1.3	0.12	2.30
1669	1.3	0.11	2.20
1849	1.3	0.10	2.11
2029	1.2	0.09	2.06
2209	1.2	0.09	1.98
2389	1.2	0.08	1.92
2569	1.2	0.07	1.84
2749	1.2	0.07	1.80
3049	1.2	0.06	1.73
3289	1.1	0.06	1.68
3649	1.1	0.05	1.62
4009	1.1	0.05	1.59
4369	1.1	0.05	1.50
4729	1.1	0.04	1.36
6699	1.1	0.03	1.11
6829	1.1	0.03	1.09

ENSAYO DE INYECCION EN EL SONDEO BARRENA I (MANCHA REAL).

Medidas de nivel en el sondeo Barrena II
Qm= 67 l/s Tiempo de inyección= 425 min.
Fecha: 15-5-1991 r= 4,80 metros
N.E. inicial= 164.96 metros

SEGUNDA INYECCION

Tiempo de inyección	Log (t)	Nivel (m)	Ascenso (m)
0		164.96	0.00
1	0.00	164.96	0.00
2	0.30	164.96	0.00
3	0.48	164.96	0.00
4	0.60	164.96	0.00
6	0.78	164.96	0.00
8	0.90	164.93	0.03
9	0.95	164.81	0.15
10	1.00	164.40	0.56
11	1.04	163.57	1.39
12	1.08	162.94	2.02
13	1.11	162.36	2.60
14	1.15	162.16	2.80
15	1.18	161.92	3.04
16	1.20	161.85	3.11
17	1.23	161.75	3.21
18	1.26	161.67	3.29
19	1.28	161.57	3.39
20	1.30	161.59	3.37
21	1.32	161.37	3.59
22	1.34	161.25	3.71
23	1.36	161.17	3.79
24	1.38	161.09	3.87
26	1.41	160.98	3.98
28	1.45	160.89	4.07
30	1.48	160.87	4.09
32	1.51	160.78	4.18
34	1.53	160.68	4.28
36	1.56	160.62	4.34
38	1.58	160.58	4.38
40	1.60	160.54	4.42
45	1.65	160.43	4.53
50	1.70	160.33	4.63
55	1.74	160.25	4.71
60	1.78	160.17	4.79
70	1.85	159.91	5.05
90	1.95	159.55	5.41
110	2.04	159.38	5.58
150	2.18	159.32	5.64
180	2.26	159.26	5.70
250	2.40	159.40	5.56
300	2.48	159.18	5.78
350	2.54	159.16	5.80
425	2.63	159.47	5.49

ENSAYO DE INYECCION EN EL SONDEO BARRENA I (MANCHA REAL).

Medidas de la recuperación en el sondeo Barrera II
 $Q_m = 67$ l/s Tiempo de inyección = 425 min.
 Fecha: 15-5-1991 $r = 4,80$ metros
 N.E. inicial = 164.96 metros

SEGUNDA INYECCION

Tiempo de recuperación	t/t'	log t/t'	Nivel (m)	Ascenso resid.
0.5	851.00	2.93	159.90	5.06
1	426.00	2.63	160.04	4.92
2	213.50	2.33	160.16	4.80
3	142.67	2.15	160.21	4.75
4	107.25	2.03	160.28	4.68
5	86.00	1.93	160.32	4.64
6	71.83	1.86	160.39	4.57
8	54.13	1.73	160.69	4.27
10	43.50	1.64	161.38	3.58
12	36.42	1.56	161.76	3.20
14	31.36	1.50	161.93	3.03
16	27.56	1.44	162.02	2.94
18	24.61	1.39	162.06	2.90
20	22.25	1.35	162.15	2.81
25	18.00	1.26	162.26	2.70
35	13.14	1.12	162.37	2.59
40	11.63	1.07	162.42	2.54
50	9.50	0.98	162.44	2.52
70	7.07	0.85	162.48	2.48
113	4.76	0.68	162.91	2.05
173	3.46	0.54	163.21	1.75
233	2.82	0.45	163.29	1.67
293	2.45	0.39	163.31	1.65
593	1.72	0.23	163.45	1.51
893	1.48	0.17	163.52	1.44
1073	1.40	0.14	163.69	1.27
1253	1.34	0.13	163.89	1.07
1613	1.26	0.10	164.11	0.85
1853	1.23	0.09	164.27	0.69
2213	1.19	0.08	164.47	0.49
2513	1.17	0.07	164.63	0.33
2813	1.15	0.06	164.67	0.29
3113	1.14	0.06	164.71	0.25
3413	1.12	0.05	164.85	0.11
3713	1.11	0.05	164.86	0.10
4013	1.11	0.04	164.88	0.08
4373	1.10	0.04	164.89	0.07
4733	1.09	0.04	164.91	0.05
5093	1.08	0.03	164.94	0.02
5693	1.07	0.03	164.98	-0.02
6293	1.07	0.03	164.99	-0.03
6623	1.06	0.03	165.00	-0.04
6953	1.06	0.03	165.00	-0.04
7193	1.06	0.02	165.00	-0.04
7553	1.06	0.02	165.00	-0.04

ENSAYO DE INYECCION EN EL SONDEO BARRENA I (MANCHA REAL).

Medidas de la recuperación en el sondeo Barrera II
 Qm= 67 l/s Tiempo de inyección= 425 min.
 Fecha: 15-5-1991 r= 4,80 metros
 N.E. inicial= 164.96 metros

SEGUNDA INYECCION

Tiempo de recuperacion	t/t'	log t/t'	Nivel (m)	Ascenso resid.
7913	1.05	0.02	165.02	-0.06
8273	1.05	0.02	165.08	-0.12
8633	1.05	0.02	165.08	-0.12
8993	1.05	0.02	165.08	-0.12
9353	1.05	0.02	165.10	-0.14
9713	1.04	0.02	165.14	-0.18
10073	1.04	0.02	165.14	-0.18
10433	1.04	0.02	165.16	-0.20
10793	1.04	0.02	165.18	-0.22
11153	1.04	0.02	165.20	-0.24
11513	1.04	0.02	165.26	-0.30
11873	1.04	0.02	165.26	-0.30
12233	1.03	0.01	165.28	-0.32
12593	1.03	0.01	165.30	-0.34
12893	1.03	0.01	165.34	-0.38
13253	1.03	0.01	165.44	-0.48
13613	1.03	0.01	165.44	-0.48
13973	1.03	0.01	165.48	-0.52
14333	1.03	0.01	165.50	-0.54
14693	1.03	0.01	165.52	-0.56
15053	1.03	0.01	165.52	-0.56
15413	1.03	0.01	165.54	-0.58
15773	1.03	0.01	165.55	-0.59
16133	1.03	0.01	165.58	-0.62
16493	1.03	0.01	165.59	-0.63
16853	1.03	0.01	165.64	-0.68
17573	1.02	0.01	165.64	-0.68
18293	1.02	0.01	165.66	-0.70
19013	1.02	0.01	165.72	-0.76
19733	1.02	0.01	165.77	-0.81
20093	1.02	0.01	165.82	-0.86
21053	1.02	0.01	165.82	-0.86
21773	1.02	0.01	165.84	-0.88
22493	1.02	0.01	165.85	-0.89
23213	1.02	0.01	165.88	-0.92
23933	1.02	0.01	165.92	-0.96
24653	1.02	0.01	165.92	-0.96
25373	1.02	0.01	165.92	-0.96
26093	1.02	0.01	165.93	-0.97
26813	1.02	0.01	165.93	-0.97
27533	1.02	0.01	165.94	-0.98
28253	1.02	0.01	165.98	-1.02
28973	1.01	0.01	165.98	-1.02
29693	1.01	0.01	166.00	-1.04

ENSAYO DE INYECCION EN EL SONDEO BARRENA I (MANCHA REAL).

Medidas de la recuperación en el sondeo Barrera II
Qm= 67 l/s Tiempo de inyección= 425 min.
Fecha: 15-5-1991 r= 4,80 metros
N.E. inicial= 164.96 metros

SEGUNDA INYECCION

Tiempo de recuperacion	t/t'	log t/t'	Nivel (m)	Ascenso resid.
30413	1.01	0.01	166.02	-1.06
31133	1.01	0.01	166.02	-1.06
31853	1.01	0.01	166.02	-1.06
32573	1.01	0.01	166.02	-1.06
34013	1.01	0.01	166.02	-1.06
35453	1.01	0.01	166.02	-1.06
36893	1.01	0.00	166.02	-1.06
38333	1.01	0.00	166.02	-1.06
39773	1.01	0.00	166.02	-1.06

**ANEJO IV.- REGISTROS VERTICALES DE CONDUCTIVIDAD Y
TEMPERATURA**

REGISTRO VERTICAL DE CONDUCTIVIDAD Y TEMPERATURA

SONDEO N°: 1938 - 3025

TOPONIMIA: Barrena II (Mancha Real)

Prof. total (m): 192

Prof. entubado (m): 192

φ Entubado (mm): 450

Referencia de medida y cota: Chapa metálica a ras de suelo

Operador: INGEMISA

Fecha y hora de realización: 08 / 05 / 91 , 14 : 20

Prof. del nivel estático (m): 166,05 (Sonda); 160,90 (Cuentametros)

HOJA N° 1 / 2

PROFUNDIDAD (m)	CONDUCTIVIDAD (μS/cm)	T ^s (°C)	OBSERVACIONES
160,9 ^(*)	3.200	15,7	(*) A esta profundidad medida hay que aplicarle un coeficiente de corrección para obtener la profundidad real (Pr).
162	3.200	15,7	
163	4.600	15,6	
164	11.000	15,5	
165	15.800	15,5	
166	17.500	15,4	Pr = P. medida · $\frac{166,05}{160,90}$
167	18.000	15,4	
168	18.800	15,4	
169	19.600	15,4	
170	21.150	15,4	
171	22.700	15,4	
172	23.100	15,4	
173	23.300	15,4	
174	23.500	15,4	
175	23.500	15,4	
176	23.500	15,4	
177	23.500	15,4	
178	23.500	15,4	Muestra de agua. ⁽¹⁾
179	23.500	15,4	

REGISTRO VERTICAL DE CONDUCTIVIDAD Y TEMPERATURA

SONDEO N°: 1938 - 3025

TOPONIMIA: Barrena II (Mancha Real)

Prof. total (m): 192

Prof. entubado (m): 192

φ Entubado (mm): 450

Referencia de medida y cota: Chapa metálica a ras de suelo

Operador: INGEMISA

Fecha y hora de realización: 08 / 05 / 91 , 14 : 20

Prof. del nivel estático (m): 166,05 (Sonda); 160,90 (Cuentametros)

HOJA N° 2 / 2

PROFUNDIDAD (m)	CONDUCTIVIDAD ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	T ^s (°C)	OBSERVACIONES
180	23.500	15,4	
181	23.500	15,4	
182	23.500	15,4	
183	23.500	15,4	
184	23.500	15,4	
185	23.500	15,4	
186	23.500	15,4	
187	23.500	15,4	
188	23.600	15,4	
189	23.600	15,4	
190	23.600	15,4	
191	23.500	15,4	
192	23.600	15,4	
193	23.600	15,4	
194	23.500	15,4	
195	23.500	15,4	
196	23.500	15,4	

(1) Conductividad y temperatura medidas in situ: C = 14.800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y T^s = 15,5 °C

REGISTRO VERTICAL DE CONDUCTIVIDAD Y TEMPERATURA

SONDEO N°: 1938 - 3025

TOPONIMIA: Barrena II (Mancha Real)

Prof. total (m): 192

Prof. entubado (m): 192

φ Entubado (mm): 450

Referencia de medida y cota: Chapa metálica a ras de suelo

Operador: INGEMISA

Fecha y hora de realización: 15 / 05 / 91 , 10 : 12

Prof. del nivel estático (m): 164,90 (Sonda); 159,60 (Cuentametros)

HOJA N° 1 / 2

PROFUNDIDAD (m)	CONDUCTIVIDAD (μS/cm)	T° (°C)	OBSERVACIONES
159,6	406	18,3	(*) A esta profundidad medida hay que aplicarle un coeficiente de corrección para obtener la profundidad real (Pr)
160,6	452	17,0	
161,6	501	16,5	
162,6	552	16,4	
163,6	731	16,3	$Pr = P. medida \cdot \frac{164,90}{159,60}$
164,6	945	16,2	
165,6	1.023	16,0	
166,6	2.300	16,0	
167,6	18.700	15,8	
168,6	19.500	15,7	
169,6	21.500	15,7	
170,6	21.800	15,7	
171,6	22.500	15,7	
172,6	22.900	15,6	
173,6	22.900	15,6	
174,6	23.100	15,6	
175,6	23.100	15,6	
176,6	23.300	15,6	
177,6	23.300	15,6	Muestra de agua ⁽¹⁾

REGISTRO VERTICAL DE CONDUCTIVIDAD Y TEMPERATURA

SONDEO N°: 1938 - 3025

TOPONIMIA: Barrena II (Mancha Real)

Prof. total (m): 192

Prof. entubado (m): 192

φ Entubado (mm): 450

Referencia de medida y cota: Chapa metálica a ras de suelo.

Operador: INGEMISA

Fecha y hora de realización: 15 / 05 / 91 , 10 : 12

Prof. del nivel estático (m): 164,90 (Sonda); 159,60 (Cuentametros)

HOJA N° 2 / 2

PROFUNDIDAD (m)	CONDUCTIVIDAD (μ S/cm)	Tª (°C)	OBSERVACIONES
178,6	23.300	15,6	
179,6	23.300	15,6	
184,6	23.400	15,6	
189,6	23.500	15,6	
194,6	23.500	15,6	
199,6	23.500	15,6	

⁽¹⁾ Conductividad y temperatura medidas in situ: C = 13.830 μ S/cm y Tª = 15,5 °C

REGISTRO VERTICAL DE CONDUCTIVIDAD Y TEMPERATURA

SONDEO N°: 1938 - 3025

TOPONIMIA: Barrena II (Mancha Real)

Prof. total (m): 192

Prof. entubado (m): 192

φ Entubado (mm): 450

Referencia de medida y cota: Chapa metálica a ras de suelo.

Operador: INGEMISA

Fecha y hora de realización: 20 / 05 / 91 , 12 : 35

Prof. del nivel estático (m): 165,0 (Sonda); 159,7 (Cuentametros)

HOJA N° 1 / 2

PROFUNDIDAD (m)	CONDUCTIVIDAD (μS/cm)	T° (°C)	OBSERVACIONES
159,7 ^(*)	373	17,5	(*) A esta profundidad medida hay que aplicarle un coeficiente de corrección para obtener la profundidad real (Pr)
160,7	483	16,9	
161,7	500	16,7	
162,7	527	16,5	
163,7	570	16,4	
164,7	659	16,3	Pr = P. medida · $\frac{165,0}{159,7}$
165,7	702	16,2	
166,7	756	16,1	
167,7	19.800	16,0	
168,7	21.100	15,9	
169,7	22.300	15,8	
170,7	22.600	15,8	
171,7	23.600	15,8	
172,6	23.700	15,8	
173,7	23.600	15,8	
174,7	23.700	15,8	
175,6	23.600	15,8	
176,7	23.600	15,8	
177,7	23.700	15,7	Muestra de agua ⁽¹⁾

REGISTRO VERTICAL DE CONDUCTIVIDAD Y TEMPERATURA

SONDEO N°: 1938 - 3025

TOPONIMIA: Barrena II (Mancha Real)

Prof. total (m): 192

Prof. entubado (m): 192

φ Entubado (mm): 450

Referencia de medida y cota: Chapa metálica a ras de suelo.

Operador: INGEMISA

Fecha y hora de realización: 20 / 05 / 91 , 12 : 35

Prof. del nivel estático (m): 165,0 (Sonda); 159,7 (Cuentametros)

HOJA N° 2 / 2

PROFUNDIDAD (m)	CONDUCTIVIDAD ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	T ^a (°C)	OBSERVACIONES
178,7	23.700	15,7	
183,7	23.700	15,7	
188,7	23.700	15,7	
189,7	23.700	15,7	

(1) Conductividad y temperatura medidas in situ: C = 12.810 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y T^a = 17,5 °C

REGISTRO VERTICAL DE CONDUCTIVIDAD Y TEMPERATURA

SONDEO N°: 1938 - 3025

TOPONIMIA: Barrera II (Mancha Real)

Prof. total (m): 192

Prof. entubado (m): 192

φ Entubado (mm): 450

Referencia de medida y cota: Chapa metálica a ras de suelo.

Operador: INGEMISA

Fecha y hora de realización: 12 / 06 / 91 , 16 : 45

Prof. del nivel estático (m): 166,02 (Sonda); 160,80 (Cuentametros)

HOJA N° 1 / 2

PROFUNDIDAD (m)	CONDUCTIVIDAD (μS/cm)	T° (°C)	OBSERVACIONES
160,8 (*)	400	20,2	(*) A esta profundidad medida hay que aplicarle un coeficiente de corrección para obtener la profundidad real (Pr)
161	418	19,7	
162	448	18,2	
163	544	17,7	
164	1.045	17,1	
165	1.565	16,5	Pr = P. medida · $\frac{166,02}{160,80}$
166	16.000	15,9	
167	18.780	15,6	
168	20.000	15,4	
169	21.100	15,3	
170	21.700	15,2	
171	22.000	15,1	
172	23.100	15,1	
173	24.700	15,1	
174	24.700	15,1	
175	24.800	15,1	
176	24.800	15,1	
177	24.900	15,1	
178	24.900	15,0	

ANEJO V.- ANALISIS QUIMICOS



C+E Analítica, S.A.

C/ Santa Marta, 5
41309 - LA RINCONADA (Sevilla)
Apartado de Correos 10.086 41080 - SEVILLA

Número del laboratorio: 852 Numeración del cliente: 1938-3020

Fecha: 22/05/1991 Procedencia: 1938-3020 (SONDED DE PEGALAJARI). (AGUA DE RECARGA)

Fecha de la toma: 8-5-91

Cliente: INGENISA

ANIONES			CATIONES				
	meq/l	mg/l	%meq/l		meq/l	mg/l	%meq/l
Cloruros	2.50	89.00	31.88	Sodio	1.48	33.98	18.86
Sulfatos	0.73	34.95	9.28	Potasio	0.06	2.23	0.73
Bicarbonatos	4.59	279.99	58.52	Calcio	4.00	80.00	51.06
Carbonatos	0.00	0.00	0.00	Magnesio	2.30	27.83	29.36
Nitratos	0.02	1.54	0.32	Amonio		0.00	
Nitritos		0.00					
Sílice		9.61					
Aniones totales	<u>7.84</u>			Cationes totales	<u>7.83</u>		
				Media de Cationes y Aniones	<u>7.84</u>		

pH 7.33 Conductividad (a 25° C) 0.65 mmbos/cm Sólidos 559.13 mg/l

Residuo (a 110° C) 0.00 mg/l Conductividad (Específica) 12.06 Sólidos/Conductividad 860.19

Dureza en Grados Franceses : Temporal 22.95 Total 31.50

Demanda Química de Oxígeno 0.00 mg/l de O₂ S.A.R. 0.83

Coefficientes de Actividad Iónica: Fuerza Iónica 0.01 Act. Monovalente 0.90 Act. Divalente 0.64

Solubilidades: Acido carbónico 0.0006475 moles/l CO₂ 28.49 mg/l

pKs de la Calcita 8.17 pKs de la Anhidrita 6.53

Clasificación Frente a Regadío: C-S C2-S1 Índice de Skott 22.99

Observación según Skott Agua buena, no presenta problemas.

Comentarios



C+E Analítica, S.A.

C/ Santa Marta, 5

41309 - LA RINCONADA (Sevilla)

Apartado de Correos 10.086 41080 - SEVILLA

Número del laboratorio : 851

Numeración del cliente : 1938-3025

Fecha : 22/05/1991

Procedencia : 1938-3025 (BARRENA III). (ACUIFERO ANTES DE LA RECARGA)

Fecha de la toma : 8-5-91

Cliente : INGENISA

ANIONES			CATIONES				
	meq/l	mg/l	%meq/l		meq/l	mg/l	%meq/l
Cloruros	206.25	7342.50	96.26	Sodio	169.21	3891.74	83.23
Sulfatos	4.66	223.92	2.18	Potasio	0.40	15.60	0.20
Bicarbonatos	3.34	203.74	1.56	Calcio	20.30	406.00	9.98
Carbonatos	0.00	0.00	0.00	Magnesio	13.40	162.14	6.59
Nitratos	0.01	0.57	0.00	Amonio		0.00	
Nitritos		0.00					
Sílice		6.82					
Aniones totales	214.26			Cationes totales	203.31		
				Media de Cationes y Aniones	208.79		

pH 6.86 Conductividad (a 25° C) 19.03 mmbos/cm Sólidos 12253.03 mg/l

Residuo (a 110° C) 0.00 mg/l Conductividad (Específica) 10.97 Sólidos/Conductividad 643.88

Dureza en Grados Franceses : Temporal 16.70 Total 168.50

Demanda Química de Oxígeno 0.00 mg/l de O₂ S.A.R. 41.22

Coefficientes de Actividad Iónica: Fuerza Iónica 0.23 Act. Monovalente 0.89 Act. Divalente 0.24

Solubilidades: Acido carbónico 0.0013671 moles/l CO₂ 60.15 mg/l

pKs de la Calcita 8.51 pKs de la Anhidrita 5.88

Clasificación Frente a Regadío: C-S C4-S4 Índice de Skott 0.28

Observación según Skott Agua mala, no se debe utilizar en regadíos.

Comentarios



C+E Analítica, S.A.

C/ Santa Marta, 5
41309 - LA RINCONADA (Sevilla)
Apartado de Correos 10.086 41080 - SEVILLA

Número del laboratorio :

853

Numeración del cliente :

1938-3025

Fecha :

22/05/1991

Procedencia :

1938-3025 (BARRERA II). Tras la 1ª Inyección

Fecha de la toma: 15-5-91

Cliente :

INGEMISA

ANIONES			CATIONES				
	meq/l	mg/l	%meq/l		meq/l	mg/l	%meq/l
Cloruros	194.00	6906.40	95.32	Sodio	161.71	3719.38	83.51
Sulfatos	6.24	299.52	3.07	Potasio	0.32	12.63	0.17
Bicarbonatos	3.27	199.47	1.61	Calcio	18.90	378.00	9.76
Carbonatos	0.00	0.00	0.00	Magnesio	12.70	153.67	6.56
Nitratos	0.01	0.57	0.00	Amonio		0.00	
Nitritos		0.00					
Sílice		15.61					
Aniones totales	203.52			Cationes totales	193.64		
				Media de Cationes y Aniones		198.58	

pH 6.86 Conductividad (a 25° C) 18.62 mmhos/cm Sólidos 11685.23 mg/l

Residuo (a 110° C) 0.00 mg/l Conductividad (Específica) 10.66 Sólidos/Conductividad 627.56

Dureza en Grados Franceses : Temporal 16.35 Total 158.00

Demanda Química de Oxígeno 0.00 mg/l de O₂ S.A.R. 40.68

Coefficientes de Actividad Iónica: Fuerza Iónica 0.22 Act. Monovalente 0.88 Act. Divalente 0.24

Solubilidades: Acido carbónico 0.0013304 moles/l CO₂ 58.54 mg/l

pKs de la Calcita 8.54 pKs de la Anhidrita 5.76

Clasificación Frente a Regadio: C-S C4-S4 Índice de Skott 0.30

Observación según Skott Agua mala, no se debe utilizar en regadíos.

Comentarios



C+E Analítica, S.A.

C/ Santa Marta, 5
41309 - LA RINCONADA (Sevilla)
Apartado de Correos 10.086 41080 - SEVILLA

Número del laboratorio : 854 Numeración del cliente : 1938-3025

Fecha : 22/05/1991 Procedencia : 1938-3025 (BARRENA II) Tras la 2ª Inyección

Fecha de la toma : 20-5-91

Cliente : INGENISA

ANIONES			CATIONES				
	meq/l	mg/l	%meq/l		meq/l	mg/l	%meq/l
Cloruros	193.75	6897.50	95.59	Sodio	159.21	3661.92	83.52
Sulfatos	4.66	223.92	2.30	Potasio	0.30	11.89	0.16
Bicarbonatos	3.27	199.47	1.61	Calcio	18.40	368.00	9.65
Carbonatos	1.00	30.00	0.49	Magnesio	12.70	153.67	6.66
Nitratos	0.00	0.00	0.00	Amonio		0.00	
Nitritos		0.00					
Sílice		5.81					
Aniones totales	202.68			Cationes totales	190.62		
				Media de Cationes y Aniones	196.65		

pH 6.84 Conductividad (a 25° C) 18.18 mmbos/cm Sólidos 11552.18 mg/l

Residuo (a 110° C) 0.00 mg/l Conductividad (Específica) 10.82 Sólidos/Conductividad 635.43

Dureza en Grados Franceses : Temporal 16.35 Total 155.50

Demanda Química de Oxígeno 0.00 mg/l de O₂ S.A.R. 40.38

Coefficientes de Actividad Iónica: Fuerza Iónica 0.22 Act. Monovalente 0.88 Act. Divalente 0.24

Solubilidades: Acido carbónico 0.0013911 moles/l CO₂ 61.21 mg/l

pKs de la Calcita 8.57 pKs de la Anhidrita 5.90

Clasificación Frente a Regadío: C-S C4-S4 Índice de Skott 0.30

Observación según Skott Agua mala, no se debe utilizar en regadíos.

Comentarios



C+E Analítica, S.A.

C/ Santa Marta, 5
41309 - LA RINCONADA (Sevilla)
Apartado de Correos 10.086 41080 - SEVILLA

Número del laboratorio : 1328 Numeración del cliente : 1938-3019

Fecha : 05/08/1991 Procedencia : SONDEO PENA DEL AGUILA (INICIO DE BOMBEO)

Fecha de la toma : 24-5-91

Cliente : INGENISA

ANIONES			CATIONES				
	meq/l	mg/l	%meq/l		meq/l	mg/l	%meq/l
Cloruros	2.60	92.56	34.92	Sodio	2.95	67.96	36.57
Sulfatos	0.82	39.29	10.99	Potasio	0.08	2.97	0.94
Bicarbonatos	3.69	225.09	49.56	Calcio	4.85	97.00	60.02
Carbonatos	0.00	0.00	0.00	Magnesio	0.20	2.42	2.47
Nitratos	0.34	20.91	4.53	Amonio		0.00	
Nitritos		0.00					
Sílice		0.00					
Aniones totales	7.45			Cationes totales	8.08		
				Media de Cationes y Aniones		7.76	

pH 8.07 Conductividad (a 25° C) 0.65 mmhos/cm Sólidos 548.21 mg/l

Residuo (a 110° C) 0.00 mg/l Conductividad (Específica) 11.94 Sólidos/Conductividad 843.40

Dureza en Grados Franceses : Temporal 18.45 Total 25.25

Demanda Química de Oxígeno 0.00 mg/l de O₂ S.A.R. 1.86

Coefficientes de Actividad Iónica: Fuerza Iónica 0.01 Act. Monovalente 0.91 Act. Divalente 0.65

Solubilidades: Acido carbónico 0.0000949 moles/l CO₂ 4.18 mg/l

pKs de la Calcita 7.43 pKs de la Anhidrita 6.38

Clasificación Frente a Regadio: C-S C2-S1 Índice de Skott 21.44

Observación según Skott Agua buena, no presenta problemas.

Comentarios



C+E Analítica, S.A.

C/ Santa Marta, 5
41309 - LA RINCONADA (Sevilla)
Apartado de Correos 10.086 41080 - SEVILLA

Número del laboratorio : 1329 Numeración del cliente : 1938-3019

Fecha : 05/08/1991 Procedencia : SONDEO PESA DEL AGUILA (21 HORAS DE BOMBEO)

Fecha de la toma : 25-5-91

Cliente : INGENISA

	ANIONES			CATIONES			
	meq/l	mg/l	%meq/l	meq/l	mg/l	%meq/l	
Cloruros	1.70	60.52	23.49	Sodio	2.05	47.05	28.80
Sulfatos	0.43	20.55	5.91	Potasio	0.11	4.16	1.50
Bicarbonatos	5.10	311.10	70.47	Calcio	4.70	94.00	66.18
Carbonatos	0.00	0.00	0.00	Magnesio	0.25	3.03	3.52
Nitratos	0.01	0.57	0.13	Amonio		0.00	
Nitritos		0.00					
Sflice		0.00					
Aniones totales	7.24			Cationes totales	7.10		
				Media de Cationes y Aniones		7.17	

pH 7.38 Conductividad (a 25° C) 0.62 mmbos/cm Sólidos 540.97 mg/l

Residuo (a 110° C) 0.00 mg/l Conductividad (Específica) 11.56 Sólidos/Conductividad 872.53

Dureza en Grados Franceses : Temporal 25.50 Total 24.75

Demanda Química de Oxígeno 0.00 mg/l de O₂ S.A.R. 1.30

Coefficientes de Actividad Iónica: Fuerza Iónica 0.01 Act. Monovalente 0.91 Act. Divalente 0.66

Solubilidades: Acido carbónico 0.0006446 moles/l CO₂ 28.36 mg/l

pKs de la Calcita 7.99 pKs de la Anhidrita 6.66

Clasificación Frente a Regadio: C-S C2-S1 Índice de Skott 32.36

Observación según Skott Agua buena, no presenta problemas.

Comentarios

ANEJO VI.- FOTOGRAFIAS

Relación de fotos de Mancha Real

- Foto nº 1.-** Aljibe para almacenamiento del agua de inyección. Detalle de la tubería de entrada.
- Foto nº 2.-** Aspecto del aljibe prácticamente lleno. Al fondo caseta del sondeo de inyección (Barrena I).
- Foto nº 3.-** Válvula de apertura para el vaciado del aljibe, antes de su reparación, y arqueta de reparto (sector Este).
- Foto nº 4.-** Detalle de la anterior, ya reparada, durante la entrada de agua.
- Foto nº 5.-** Detalle de la rejilla instalada en la arqueta de reparto del sector Oeste.
- Foto nº 6.-** Tubería de P.V.C. que parte de la arqueta anterior y conduce el agua al sondeo de inyección (Barrena I).
- Foto nº 7.-** Detalle de la anterior dentro de la caseta del sondeo de inyección.
- Foto nº 8.-** Caída libre del agua en el sondeo Barrena I.
- Foto nº 9.-** Caseta construida sobre el sondeo Barrena II para la instalación de un limnígrafo. Al fondo, caseta del sondeo de inyección Barrena I.
- Foto nº 10.-** Aspecto final de la caseta y del limnígrafo en funcionamiento.
- Foto nº 11.-** Registro de conductividad en el sondeo Barrena II.



FOTO N° 1



FOTO N° 2



FOTO Nº 3



FOTO Nº 4



FOTO Nº 5



FOTO Nº 6



FOTO N° 7



FOTO N° 8



FOTO N° 9

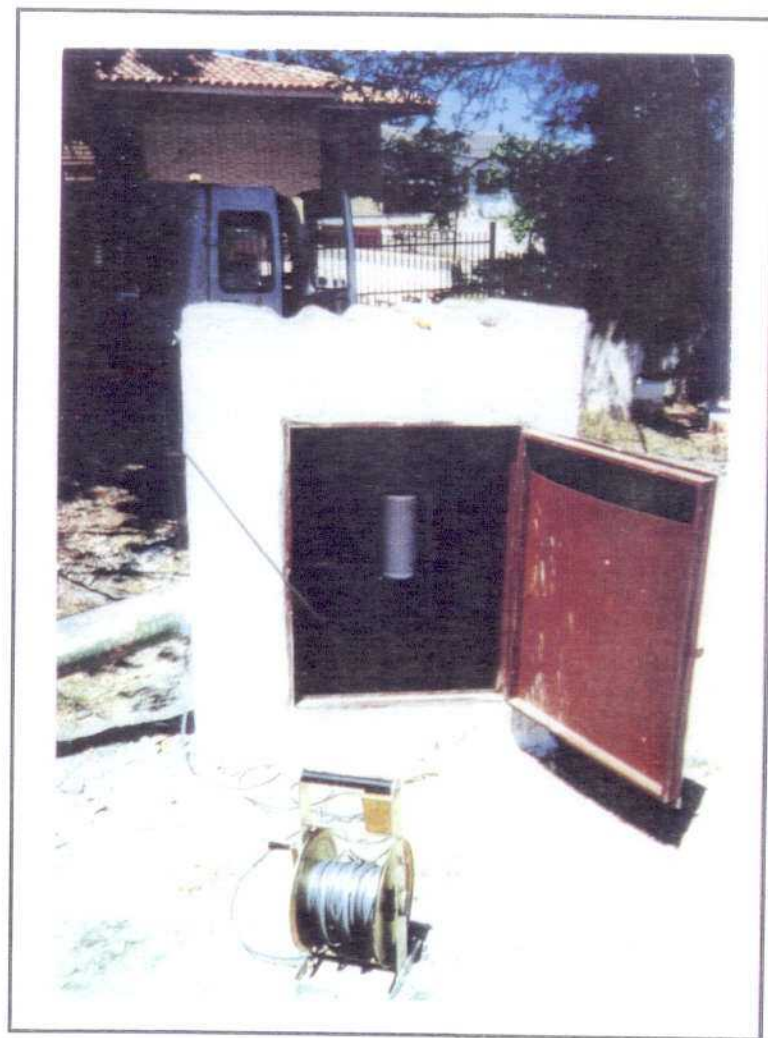


FOTO N° 10

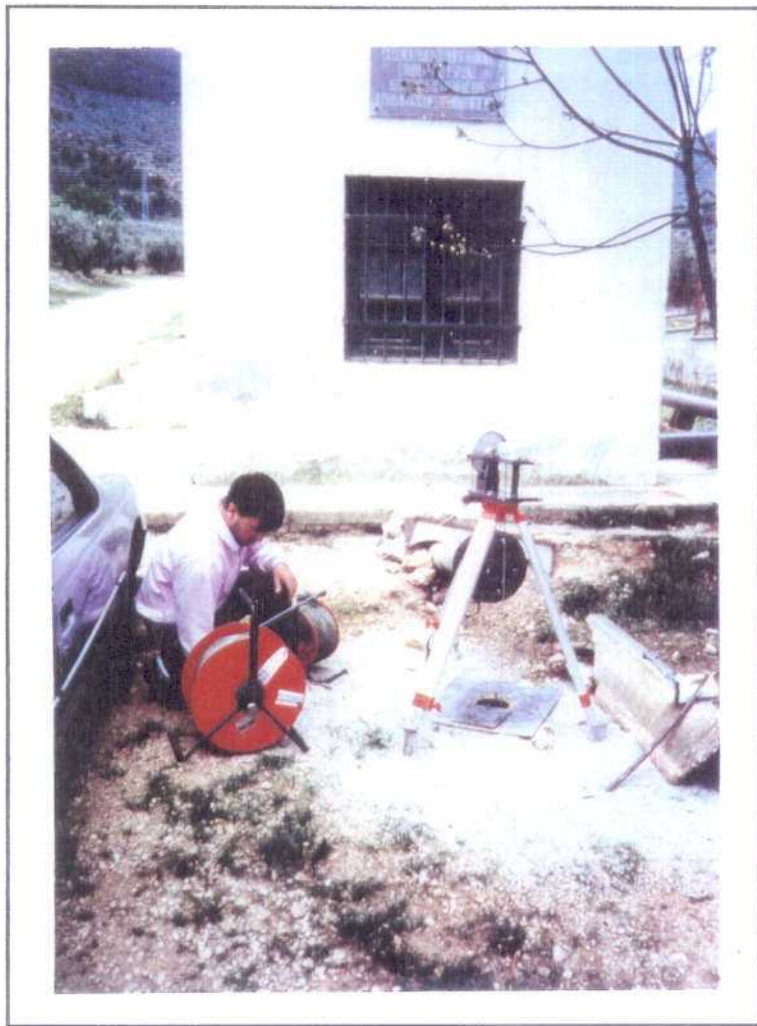


FOTO N° 11