



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

EVALUACION Y ANALISIS DE LA PRUEBA DE  
RECARGA ARTIFICIAL REALIZADA EN LA INSTALA-  
CION DE GUADAJOZ. ACUIFERO ALUVIAL DEL  
GUADALQUIVIR.

Madrid, Mayo 1994



MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO

35787

Este informe se encuadra dentro del Convenio Marco establecido entre el Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE) y la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (C.H.G.).

Los trabajos realizados en el mismo se han ejecutado en la sede central del ITGE en Madrid y en la Oficina Regional de este Organismos en Sevilla, actuando como coordinador D. Miguel Martín Machuca.

El equipo técnico de realización ha estado constituido por D. José Manuel Murillo Díaz, D. Carlos Mediavilla Laso y D. Angel Díez.

## **INDICE**

- 1.- INTRODUCCION**
- 2.- RED PIEZOMETRICA ESPECIFICA DE RECARGA ARTIFICIAL**
- 3.- EVOLUCION PIEZOMETRICA**
- 4.- AREA AFECTADA POR EL EFECTO DE RECARGA**
- 5.- FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CALCULO DE LA VELOCIDAD DE CIRCULACION DEL AGUA SUBTERRANEA**
- 6.- DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DE CIRCULACION DEL AGUA SUBTERRANEA**
- 7.- CONCLUSIONES**
- 8.- RECOMENDACIONES**

## **1.- INTRODUCCION**

La Confederación Hidrográfica del Guadalquivir estudia la posibilidad de poner en funcionamiento una batería de instalaciones de recarga artificial en las terrazas cuaternarias del Valle del Bajo Guadalquivir.

Con tal fin, y en una fase previa, se han construido en dicha zona dos estaciones experimentales. En una de ellas se han realizado ensayos de recarga de corta duración en el mes de junio de 1993. La limitada duración de las pruebas y el seguimiento efectuado sobre las mismas no permitieron valorar con precisión tanto el efecto que el agua de recarga produce sobre el acuífero, como la posible disminución de la capacidad de recarga en la instalación a causa de la presencia de sólidos en suspensión en el agua de alimentación.

Las consideraciones apuntadas anteriormente indujeron a la C.H.G. a repetir las pruebas de recarga en la estación experimental durante el mes de Marzo de 1994. El control de la evolución del efecto de recarga ha sido realizado con la colaboración del ITGE. Recogiéndose, en el presente informe, el análisis del seguimiento efectuado relativo a la valoración de la infiltración adicional de agua en el acuífero.

## **2.- RED PIEZOMETRICA ESPECIFICA DE RECARGA ARTIFICIAL**

De cara a evaluar la respuesta del acuífero frente al efecto producido por la recarga artificial se estableció, previamente al comienzo de la misma, una red piezométrica constituida por 21 puntos. Esta red se diseñó tanto en función de los pozos agrícolas existentes en la zona, como de los sondeos construidos específicamente para este ensayo de recarga por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. De la cuantía mencionada anteriormente, 11 puntos de control pertenecen a la red de la C.H.G. y 10 a la complementaria instalada por el ITGE.

La distribución espacial de esta red de vigilancia de niveles cubre un amplio campo de observación que abarca desde las inmediaciones de la instalación, incluso se han tomado medidas en uno de los pozos de recarga ubicado en la zanja de infiltración, hasta zonas notablemente alejadas del dispositivo de recarga. La situación de los puntos de observación se muestra en la Figura-1 apreciándose que 5 puntos (P-1, P-9, P-15, P-16 y P-Recarga) se localizan en un entorno del centro de recarga inferior a 500 m, 6 puntos (P-2, P-3, P-4, P-10, P-11 y P-F) entre 500 m y 1000 m, 5 puntos (P-4 Bis, P-5, P-12, P-13 y P-14) entre 1000 m y 1500 m, y otros 5 (P-8, P-VALDIO, P-PINTADO, P-D y P-25) a una distancia superior a 1500 m, alcanzándose para el P-8 los 2600 m.

En lo referente a la frecuencia de muestreo se han establecido campañas de medias tanto con anterioridad y posterioridad al comienzo y finalización de la experiencia de recarga como durante la fase de infiltración. El número de controles efectuado alcanzó los 124, aunque su distribución temporal no es uniforme para todos los piezómetros, dado que algunos de ellos, coincidentes con pozos agrícolas, estuvieron en bombeo intermitente durante la realización de la prueba de recarga, lo que impidió su control en determinados momentos. No obstante, como se aprecia en el Cuadro-I se dispone en bastantes piezómetros de un elevado número de registros

con un espaciamiento en la toma de datos considerablemente homogéneo. Además, en el piezómetro denominado P-F se instaló un sensor continuo que registró las oscilaciones de nivel y temperatura cada 15 minutos. Una vez finalizada esta primera fase de recarga se dotó al piezómetro P-25 de otro sensor continuo con el objetivo de evaluar el comportamiento natural del acuífero hasta que se realice una nueva experiencia de recarga.

CUADRO-I. COTAS ABSOLUTAS DEL NIVEL DEL AGUA

DENOMINACIÓN DEL PESO	P <sub>1</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>4B5</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>9</sub>	P <sub>10</sub>	P <sub>11</sub>	P <sub>12</sub>	P <sub>13</sub>	P <sub>14</sub>	P <sub>15</sub>	P <sub>16</sub>	P <sub>D</sub>	P <sub>F</sub>	P VALDIXO	P RECARGA	P 2-5	P PENADO	P <sub>2</sub>
FECHA																					
10-3-84							28,2	27,97	23,84	21,91	22,56	21,87	29,64	29,27							
15-3-84	28,9	27,78	27,85		20,67	16,13										27,36					seco
16-3-84	29,32	27,79	27,85	25,75	20,67	16,13										27,36					seco
18-3-84	31,24	27,78	27,85		20,67	16,13									22,83	27,35	23,79		22,27		seco
21-3-84	32,27	27,83	27,85		20,67	16,13									22,83	27,32	23,8				
22-3-84	32,38	27,86	27,85		20,67	16,14	30,53	28,03							22,82	27,32	23,8		22,31	21,85	
23-3-84	32,62								23,95	22,61	22,84		33,87		22,81	27,29			23,3		
25-3-84	32,77	27,97	27,86	25,81	21,18	16,11	31,05	28,18	23,84				34,11	33,7	22,8	27,28	23,81	32,53	22,3		
29-3-84	31,84	28,17	28,04	25,88	21,46	16,07	30,84	28,7	24,11				33,15	32,96	22,79		23,79		22,26		
30-3-84	31,81	28,23	28,06	25,92	21,28	16,06	30,79	28,67	24,17				32,92	32,86	22,85	27,25	23,8	31,26	22,33		
5-4-84	31,21	28,46	28,33	28,08	21,18	15,84	30,58	29,38	24,53	22,67	22,88		32,38	32,16	22,95	27,35	23,8	31,63	22,95		
Cotas absolutas del terreno	39,44	36,86	36,55	34,5	29,86	25	41	41	33	28,5	29	28,5	43	40,5	30,5	37,08	32	40	30,5	30,5	

### 3.- EVOLUCION PIEZOMETRICA

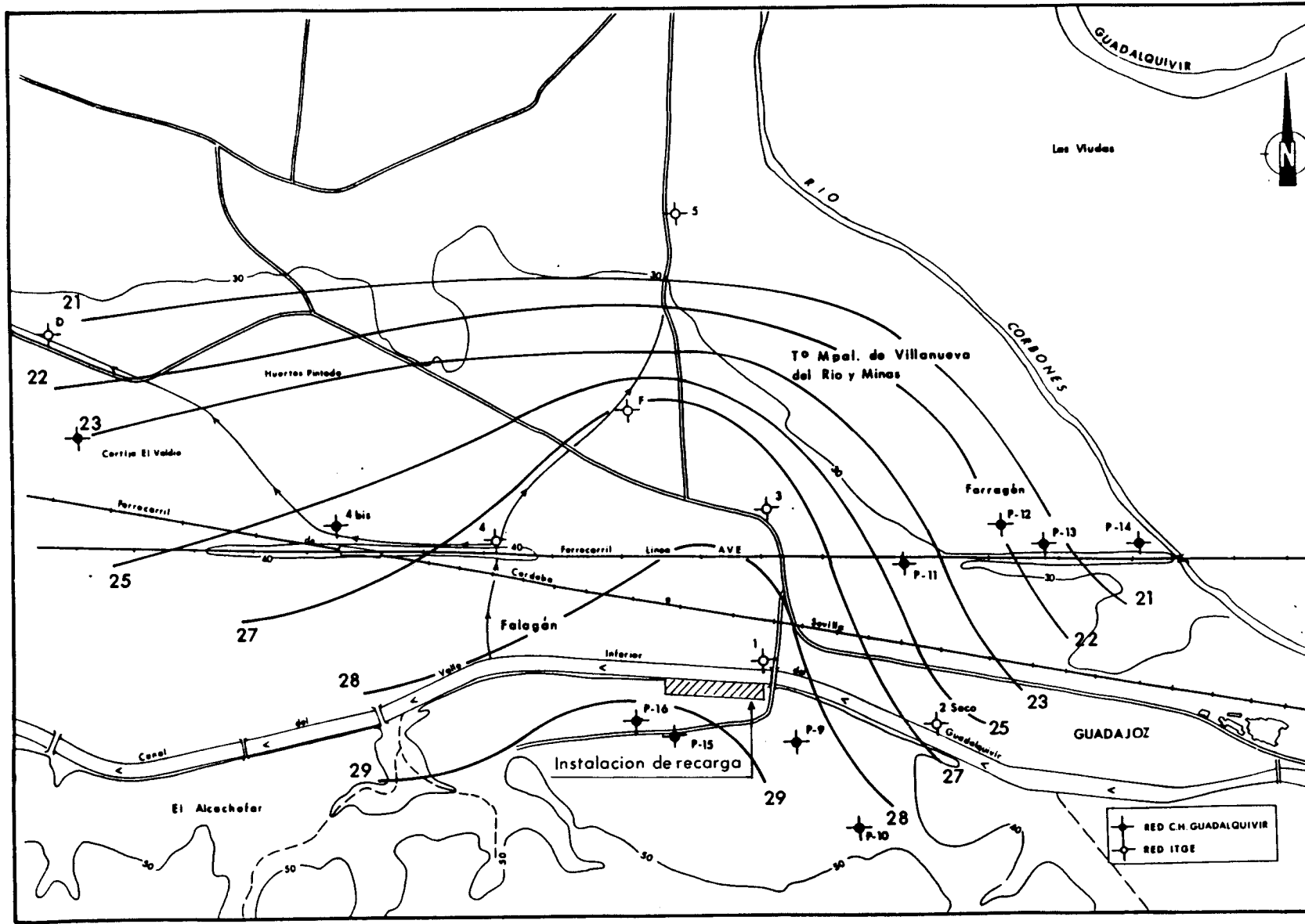
Durante todo el seguimiento efectuado a lo largo de la experiencia no se ha producido recarga en el acuífero por lluvia; por lo que en principio, cualquier variación positiva detectada en los piezómetros es atribuible a la recarga artificial. No obstante, en determinadas zonas del acuífero han tenido lugar bombeos con fines agrícolas que han podido desvirtuar la respuesta piezométrica, tanto por efecto directo de los mismos como por el provocado por los retornos de regadío.

En la Figura-1 se muestran los mapas de isopiezas correspondientes al área de recarga para tres estados del proceso. El primero de ellos responde a la situación inmediatamente anterior al inicio de la operación de recarga (15/3/94). El segundo refleja la disposición existente al finalizar la fase de infiltración (25/3/94). Y el tercero la evolución transcurrida después del undécimo día de parada.

La principal conclusión, que se desprende del trazado adoptado por las curvas isopiezas, se relaciona con el hecho de que la instalación de recarga parece encontrarse sobre una divisoria hidrogeológica. Por consiguiente, el flujo de agua subterránea se dirigirá por un lado hacia el Guadalquivir y por otro hacia el río Corbones, lo que implica que este último río sea también ganador y actúe como un control lateral, es decir, como un colector de drenaje rápido del agua que se infiltra en la instalación de recarga. No obstante, este supuesto debe confirmarse con estudios de mayor detalle, ya que de ser cierto puede reducir notablemente la efectividad de la instalación de recarga artificial construida en el área de Guadajoz.

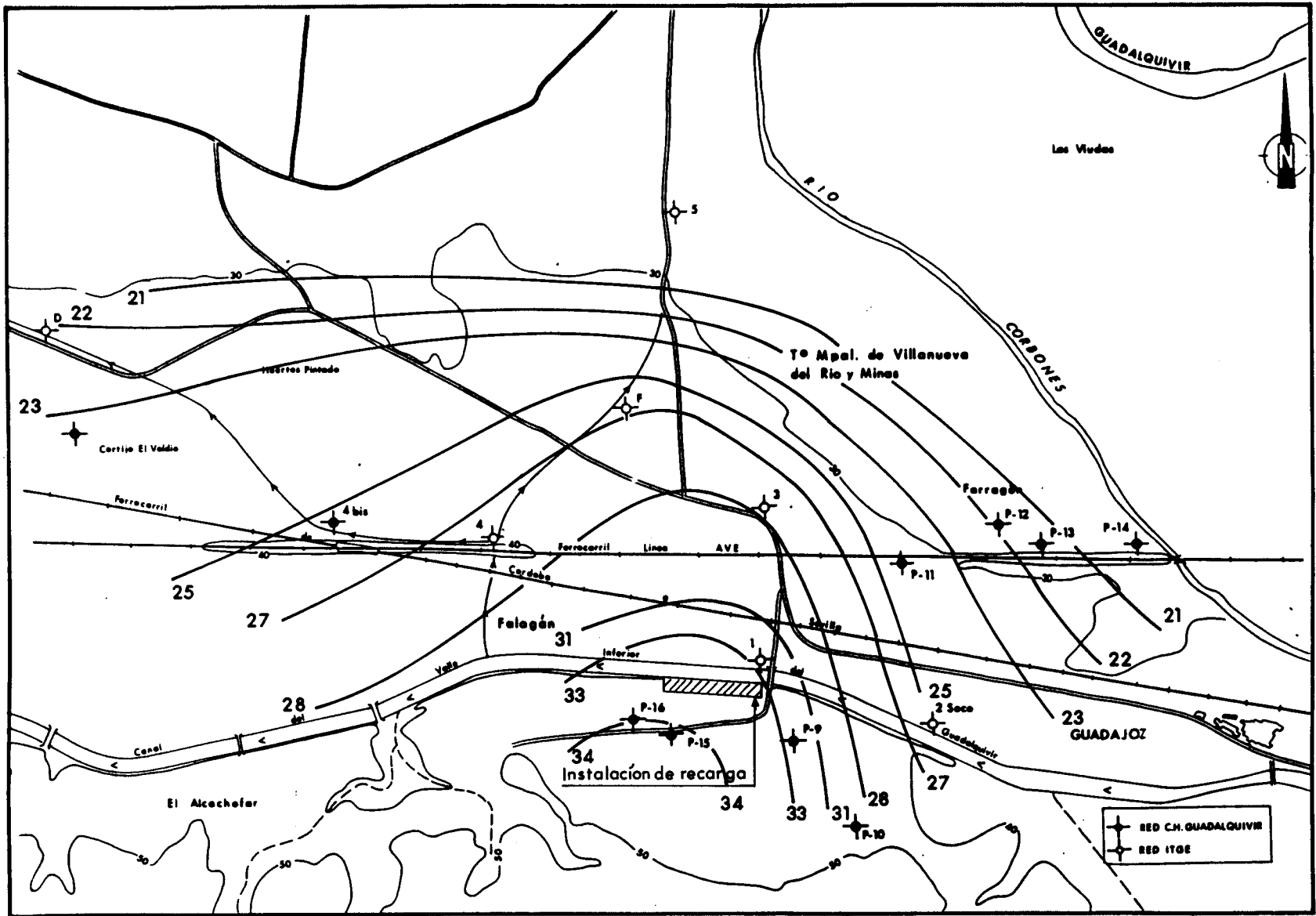
Cada uno de los mapas mostrados en las Figuras 1a, 1b y 1c se puede identificar con las siguientes fases características de una recarga artificial.





ISOPIEZAS 15/3/94

Fig 1a



ISOPIEZAS 25/3/94

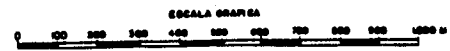
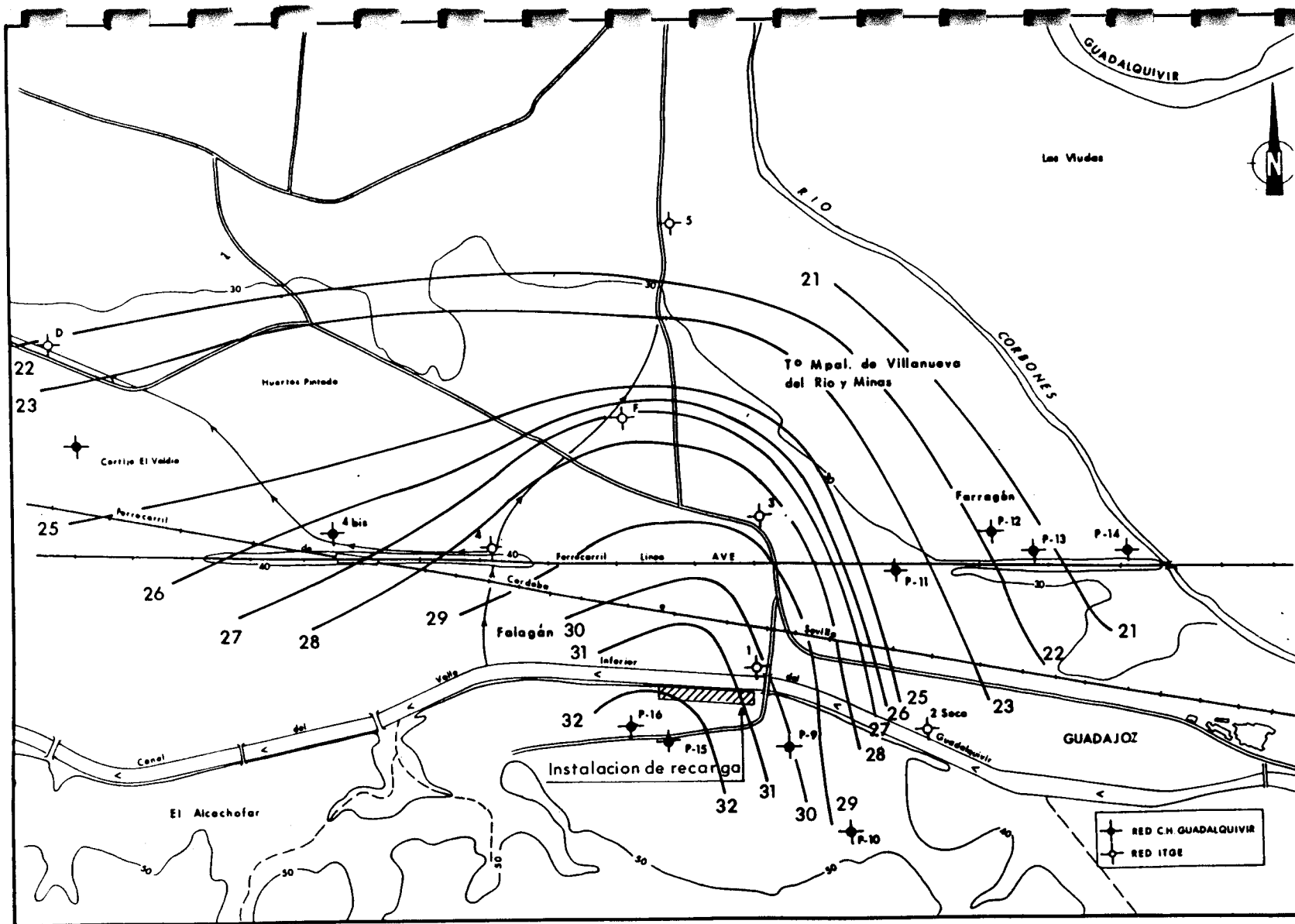


Fig 1b



ISOPIEZAS 5/4/94

Fig 1c

**a) Fase inicial**

Corresponde al día 15/3/94 (primer día en que se realiza recarga). El nivel del agua oscila entre 29 m.s.n.m. en las proximidades de la instalación y 21 m.s.n.m. en el área más alejada de la misma.

**b) Fase de existencia del domo de recarga y de abombamiento de la superficie piezométrica (25/3/94)**

En el área más inmediata a la zanja de infiltración se detectan notables ascensos que llegan a alcanzar la cota 34 m.s.n.m. No obstante, a partir de la isolinia determinada por el valor 27 m.s.n.m. existe una coincidencia prácticamente total con la situación detectada el día 15/3/94.

El agua que se infiltra en el dispositivo de recarga actúa, en la margen izquierda de la instalación, como una barrera hidráulica, que frena el desplazamiento del flujo natural del acuífero, dando lugar a un embalsamiento de agua subterránea en esa zona y, consecuentemente, a un mayor ascenso relativo de niveles. No obstante, una vez finalizada la introducción de agua en la planta de recarga este efecto se atenúa paulatinamente, no presentando en principio, mayores consecuencias, ya que la instalación se encuentra muy próxima al borde de la terraza y el espesor no saturado es importante (del orden de 7 a 10 m).

**c) Fase de expansión y desaparición de la cresta de recarga (5/4/94)**

En los alrededores de la instalación de recarga se produce un descenso de niveles. La cota máxima alcanzada por el agua se sitúa en torno a los 32 m.s.n.m. Se detecta una expansión del agua almacenada en los alrededores de la zanja de infiltración que viene delimitada por la isolinia de 25 m.s.n.m.

El anexo I muestra gráficamente la evolución de niveles en los diferentes piezómetros que se han controlado durante la experiencia de recarga artificial. Las conclusiones que se derivan del análisis de los mismos son las siguientes:

a) Los piezómetros más próximos a la instalación de recarga, como el P-1, muestran una inmediata respuesta causa-efecto (caudal infiltrado-respuesta piezométrica), especialmente en lo referente al inicio de la recarga donde se detecta un rápido ascenso de niveles (2,34 m en tres días). Sin embargo, el descenso experimentado una vez finalizada la operación de introducción de agua es más amortiguado (1,56 m en 11 días), lo que en cierta medida es indicativo de que se produce un almacenamiento perdurable de agua.

En los piezómetros P-9, P-15 y P-16 no es observable el rápido ascenso inicial de niveles debido a una carencia de datos durante la operación de infiltración. No obstante, los descensos, como en el caso del piezómetro P-1, son relativamente lentos (0,49 m, 1,73 m y 1,52 m respectivamente en once días).

Por último, y en lo referente al piezómetro situado en el interior de la instalación de recarga se observa un importante descenso de 1,27 m para los cinco días siguientes a la finalización de la recarga, aunque posteriormente se registra un ascenso de 0,37 m en otros cinco días. Este ascenso, probablemente, es debido a la desaparición del efecto de barrera hidráulica que tuvo lugar en la margen izquierda de la instalación durante la operación de recarga y al subsiguiente aporte del agua que estaba retenida.

b) Los piezómetros (P-3, P-4, P-4 Bis, P-10, P-11, P-12 y P-13) situados a una distancia intermedia de la instalación de recarga, muestran una gráfica piezométrica con una tendencia muy similar. En la misma se detecta un cierto desfase entre caudal infiltrado y ascensos piezométricos, que se puede evaluar entre 7 y 10 días. Asimismo,

no se observan, para todo el período de control (22 días), descensos piezométricos que se puedan asociar a la finalización del efecto de recarga. No obstante, los ascensos de nivel presentan registros menos espectaculares que los detectados en los piezómetros localizados en las inmediaciones del dispositivo de infiltración.

En esta zona intermedia se encuentran también ubicados los piezómetros P-F y P-5.

El primero de ellos, en el que se instaló un sensor continuo cuyo registro se muestra en el anexo II, está claramente influenciado por los bombeos agrícolas que tuvieron lugar en una parcela próxima al mismo, aunque es menester mencionar que los descensos detectados son muy reducidos (máximo 12 cm). Además, a partir del día 1 de Abril de 1994 se observa un ascenso de niveles, atribuible al efecto de la recarga artificial, que provoca una recuperación prácticamente total.

En cuanto al segundo, cuyo gráfico piezométrico muestra una traza ascendente seguida de un pequeño descenso, es necesario indicar que tanto en su tendencia como en la cuantía de sus ascensos no se corresponde con la evolución detectada en otros piezómetros próximos. Probablemente, este piezómetro, está influenciado por retornos de regadío que, en cierta medida y en determinados momentos, incrementan el efecto provocado por la recarga artificial.

c) En los piezómetros P-VALDIO, P-D, P-25 y P-8, que son los más alejados de la instalación de recarga, es difícil precisar la detección del efecto provocado por la recarga artificial.

En principio únicamente en el piezómetro P-25 se detecta un ascenso importante (entorno a 0,62 m), aunque no se puede asegurar que sea debido al efecto de la recarga. En el piezómetro P-D situado a escasa distancia del anterior el ascenso

es tan sólo de 0,12 m.

Realizar determinaciones de mayor precisión en esta zona requiere una duración más prolongada de la operación de infiltración. No obstante, tanto si se considera que se ha detectado, debido a la recarga artificial, un ascenso de niveles en una pequeña cuantía, como que dicho ascenso no ha tenido lugar, la conclusión final es la misma: el efecto producido por la recarga artificial parece, en principio, lo suficientemente lento como para poder almacenar agua en el acuífero durante un corto período de tiempo.

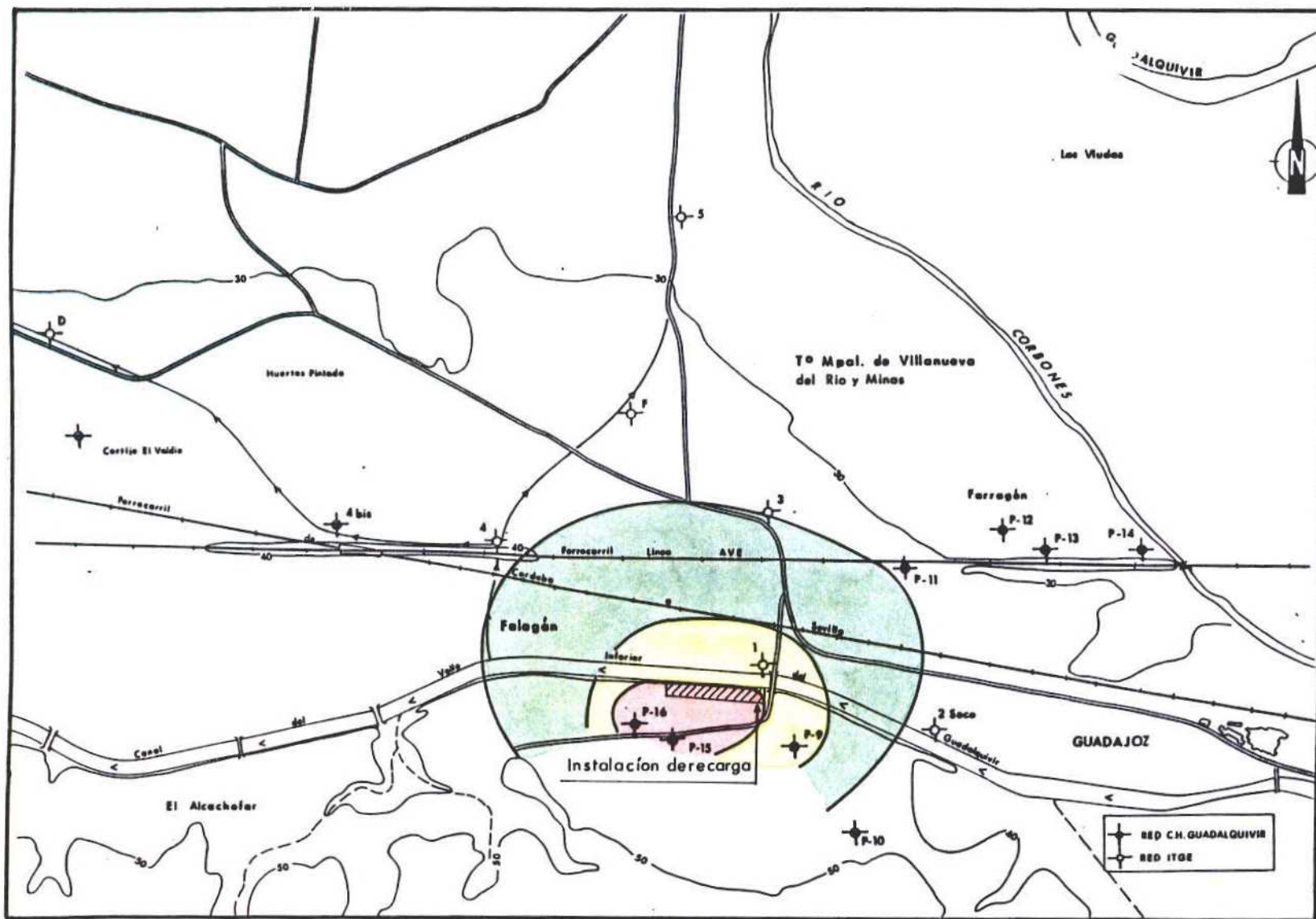
#### 4.- AREA AFECTADA POR EL EFECTO DE RECARGA

En las Figuras 2a y 2b se representan, con el objetivo de mostrar las áreas afectadas por el efecto de recarga, las variaciones experimentadas por el nivel de agua entre la situación inicial y las detectadas los días 25/3/94 y 5/4/94, que corresponden a la finalización de la fase de infiltración de agua y al último día en que se controlaron los piezómetros.

En la primera fecha se aprecian tres zonas de ascensos piezométricos claramente diferenciados. La primera ( $Z_1$ ), que presenta ascensos superiores a 4 m, se limita a una pequeña extensión en la margen izquierda de la instalación de recarga. La segunda ( $Z_2$ ), que penetra en la margen derecha del canal del Guadalquivir, detecta ascensos piezométricos comprendidos entre 3 y 4 m. Y la tercera ( $Z_3$ ), que abarca un espacio relativamente mayor que las anteriores, presenta, en función de las medidas reales efectuadas en los piezómetros de control, variaciones positivas de nivel que no superan los 20 cm.

En lo referente a la segunda fecha, mencionada anteriormente, también se pueden diferenciar tres zonas, aunque la cuantía de las variaciones experimentadas presenta una mayor uniformidad. La primera zona ( $Z'_1$ ), que coincide espacialmente con las delimitados como  $Z_1$  y  $Z_2$  en el caso anterior, detecta ascensos de nivel que comparativamente son inferiores a los medidos el día 25/3/94, y que se encuentran comprendidos entre 2 y 3 m. La segunda zona ( $Z'_2$ ), que abarca una extensión notablemente superior a la definida en el primer caso por la zona ( $Z_3$ ), presenta ascensos de nivel que se sitúan en torno a los 0,5 m, salvo en el piezómetro P-10 (1,41 m). En cuanto a la tercera zona ( $Z'_3$ ), que se encuentra localizada sobre un área que no presentaba variaciones de nivel el día 25/3/94, es preciso mencionar que las oscilaciones observadas no sobrepasan los 30 cm.

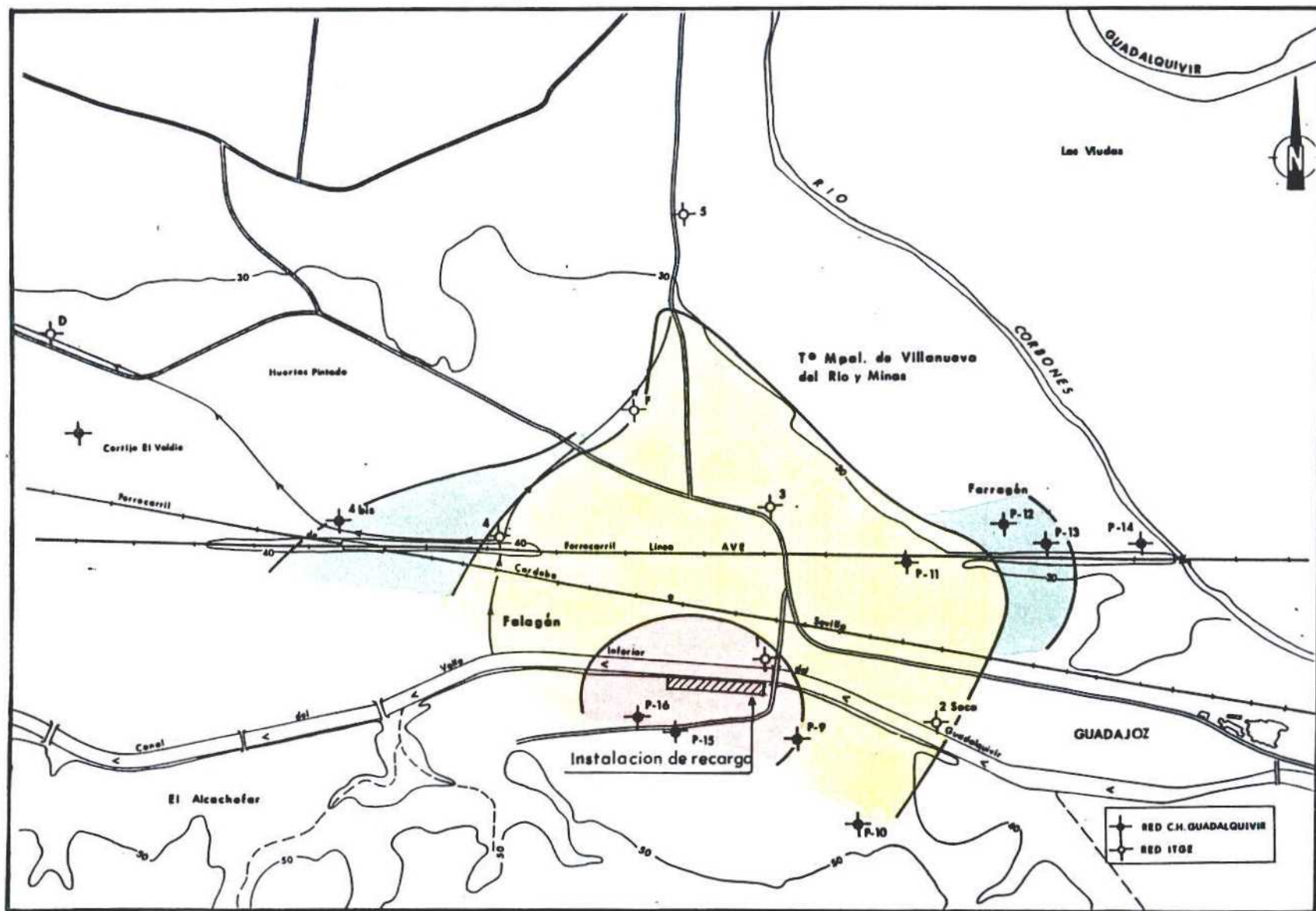




VARIACIONES DE NIVEL 25/3/94

- Z'1  Ascensos superiores a 4m.
- Z'2  Ascensos entre 3-4m.
- Z'3  Ascensos entre 0-3m.
- Zonas que no sufren prácticamente variación.

Fig - 2a



VARIACIONES DE NIVEL 5/4/94

- Z<sub>1</sub>  Ascensos entre 2-3 m.
- Z<sub>2</sub>  Ascensos entre 0,5-2m.
- Z<sub>3</sub>  Ascensos entre 0-0,5m.
- Zonas que no sufren practicamente variación

ESCALA GRÁFICA  
 0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 m

Fig 2b

En el Cuadro II se recogen las oscilaciones de nivel, en todos los piezómetros controlados durante la experiencia de recarga, con respecto a la primera medida efectuada en los mismos. Su análisis permite obtener una completa secuencia temporal del área influenciada por la recarga artificial.

En función de los mapas representados en las Figuras 2a y 2b se puede estimar que el área afectada por la experiencia de recarga es de 1-1,5 km<sup>2</sup> para el día 25/3/94 y del orden de 2,5-3 km<sup>2</sup> para el día 5/4/94. Dado que el caudal infiltrado ha sido del orden de 216.000 m<sup>3</sup>, y en base a las alturas piezométricas registradas en el Cuadro I, el coeficiente de almacenamiento sería del orden de  $11 \times 10^{-2}$ . Este valor es relativamente elevado, pero entra dentro del orden de magnitud de este parámetro para un acuífero libre y poroso intergranular de gravas y arenas.

Una de las conclusiones más interesantes, que se pueden extraer de la evaluación del área afectada por la experiencia de recarga artificial, es que para el día 25/3/94 más del 50% del volumen de agua infiltrada se encontraba embalsada en los alrededores inmediatos (aproximadamente 0,3 km<sup>2</sup>) de la zanja de infiltración. Este porcentaje descendía al 30% para el día 5/4/94.

## CUADRO-II. OSCILACIONES PIEZOMETRICAS

DENOMINACIÓN DEL PESO	P <sub>1</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>4B5</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>8</sub>	P <sub>9</sub>	P <sub>10</sub>	P <sub>11</sub>	P <sub>12</sub>	P <sub>13</sub>	P <sub>14</sub>	P <sub>15</sub>	P <sub>16</sub>	P <sub>D</sub>	P <sub>F</sub>	P VALDIO	P RECARGA	P 2-5	P PENADO	P <sub>2</sub>
FECHA																					
10-3-94							0	0	0	0	0	0	0	0							
15-3-94	0	0	0		0	0										0					seco
16-3-94	0,42	0	0	0	0	0										0					seco
18-3-94	2,34	0	0		0	0									0	-0,01	0		0		seco
21-3-94	3,37	0,04	-0,10		0	0									0	-0,04	0,01				
22-3-94	3,48	0,07	-0,10		0	0,01	2,51	0,08							-0,01	-0,04	0,01		0,04	0	
23-3-94	3,72								0,11	0,17	0,28		4,23		-0,02	-0,07			0,03		
25-3-94	3,87	0,18	0,01	0,06	0,51	-0,02	3,03	0,19	0,1				4,47	4,43	-0,02	-0,08	0,02	0	0,03		
28-3-94	2,84	0,38	0,19	0,13	0,79	-0,08	2,82	0,73	0,27				3,51	3,89	-0,04		0		-0,01		
30-3-94	2,91	0,44	0,21	0,17	0,59	-0,07	2,77	0,7	0,33				3,28	3,59	-0,02	-0,011	0,01	-1,27	0,08		
5-4-94	2,31	0,87	0,48	0,34	0,49	-0,19	2,56	1,41	0,69	0,76	0,32		2,74	2,91	-0,12	-0,01	0,01	-0,9	0,68		
Cotas absolutas del terreno	39,44	36,96	36,55	34,5	29,88	25	41	41	33	28,5	29	28,5	43	40,5	30,5	37,08	32	40	30,5	30,5	

## **5.- FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CALCULO DE LA VELOCIDAD DE CIRCULACION DEL AGUA SUBTERRANEA**

La determinación del valor de la velocidad de circulación del agua subterránea resulta imprescindible para estimar la viabilidad de una recarga artificial, ya que el agua infiltrada debe permanecer en el acuífero el tiempo suficiente para permitir su utilización posterior.

Para calcular la velocidad del flujo del agua subterránea es preciso conocer los siguientes factores:

- a) gradiente hidráulico**
- b) permeabilidad**
- c) porosidad**

### Gradiente hidráulico

El gradiente hidráulico o pendiente de la lámina de agua subterránea del acuífero se ha determinado a partir de los datos de nivel piezométrico recogidos en los pozos y sondeos incluidos en la red piezométrica específica de recarga artificial.

En el cuadro III se muestran los valores obtenidos en distintas zonas del acuífero para diferentes estados de la operación de recarga.

Los correspondientes a los días 10/3/94 y 15/3/94 se pueden considerar como los naturales del acuífero, ya que la superficie piezométrica no está todavía influida por el domo de recarga. El análisis de los datos correspondientes a esos días parece detectar la existencia de dos zonas con gradientes distintos. La primera, que ocupa la casi totalidad del área controlada durante la experiencia de recarga, presenta valores comprendidos entre el uno por mil y el cuatro por mil.

### CUADRO-III. GRADIENTE HIDRAULICO

FECHA	$P_1-P_3$	$P_3-P_5$	$P_1-P_4$	$P_1-P_9$	$P_1-P_{10}$	$P_1-P_{11}$	$P_1-P_{12}$	$P_1-P_{13}$	$P_{15}-P_1$	$P_{16}-P_1$	$P_4-P_4 \text{ Eln}$	$P_5-P_8$	$P_4 \text{ Eln} - \text{VALDIO}$
10-3-84				0,0035	0,0015	0,009	0,0074	0,0058					
15-3-84	0,00238	0,007	0,0012									0,0039	
16-3-84	0,00325		0,0012								0,0039	0,0039	
18-3-84	0,00734		0,0038									0,0039	
21-3-84	0,00944	0,007	0,0049									0,0039	
22-3-84	0,00992	0,0072	0,0050	0,0092	0,0072							0,0039	
23-3-84			—			0,015	0,011	0,0088				—	
25-3-84	0,0102	0,0088	0,0054	0,0088	0,0076	0,018			0,0045	0,0022	0,0039	0,0044	0,0022
26-3-84	0,0078	0,0087	0,0042	0,0050	0,0052	0,014			0,0044	0,0026	0,0041	0,0047	0,0024
30-3-84	0,0078	0,007	0,0042	0,0057	0,0052	0,014			0,0037	0,0025	0,0040	0,0045	0,0024
5-4-84	0,0058	0,0073	0,0032	0,0031	0,0031	0,012	0,009	0,0073	0,0039	0,0023	0,0042	0,0045	0,0026

Mientras que la segunda, que se identifica con la línea definida por los piezómetros P-11, P-12, P-13, P-14 y río Corbones, alcanza valores más elevados (seis por mil a nueve por mil).

En el anexo III se representan los gráficos de evolución del gradiente en base al efecto que produce la recarga artificial. Las principales conclusiones que se pueden extraer de los mismos son las siguientes:

- En las zonas (P1-P3, P1-P4, P1-P9, P1-P10, P16-P1 y P15-P1) más próximas al dispositivo de recarga se observa una relación directa en el tiempo entre el incremento del gradiente hidráulico y el aumento del volumen de agua infiltrada. El valor del gradiente se multiplica, en algunos lugares, por cinco, alcanzándose cuantías de hasta un uno por ciento. Una vez finalizada la operación de infiltración el gradiente comienza a descender, lo que es indicativo de una amortiguación del domo de recarga y de una expansión del agua almacenada en las inmediaciones de la instalación. No obstante, transcurridos diez días del cese de la recarga, el valor obtenido para el gradiente es todavía superior a su cuantía natural.
  
- En las zonas (P4-P4 Bis, P5-P8) más alejadas de la instalación de infiltración se aprecia una estabilización del valor del gradiente durante la fase de infiltración, aunque se detecta un incremento en la cuantía del mismo hacia el final de la operación de recarga (días 22 al 25/3/94). Este hecho pone de manifiesto un cierto retardo en la llegada del agua infiltrada. No obstante, es necesario mencionar, que la cuantía del gradiente siempre se conserva en un orden de magnitud muy similar a su valor natural.

## Permeabilidad

La estimación de la permeabilidad se ha determinado en función de los valores de transmisividad obtenidos a partir de los ensayos de bombeo realizados entre los días 2 y 17 de Octubre de 1990, en los pozos números: 3, 35, 132, 67 y 57. La interpretación de estos ensayos de bombeo se encuentra recogida en el informe titulado "Estudio Hidrogeológico para la mejora de la Gestión de los Recursos Hídricos del Bajo Guadalquivir. Explotación y Recarga Artificial del Acuífero Aluvial". Los resultados obtenidos se resumen a continuación:

<b>PUNTO INVENTARIO</b>	<b>TRANSMISIVIDAD (m<sup>2</sup>/día)</b>
3	11.031
35	1.659
132	4.879
67	7.308
57	5.421

La localización de los pozos anteriormente mencionados no se corresponde con el área donde se encuentra ubicada la recarga artificial. No obstante, como los acuíferos porosos suelen ser muy homogéneos a gran escala, aún dentro de la heterogeneidad que presentan todos los acuíferos, se puede admitir, en una primera aproximación, y a falta de otros datos, que los valores de transmisividad considerados son representativos de todo el acuífero.

Las transmisividades indicadas anteriormente se pueden cuantificar como elevadas, lo que unido a un espesor saturado relativamente pequeño da lugar a unos valores de permeabilidad altos (500 m/día a 1300 m/día), pero acordes con las litologías (gravas y arenas) observadas en la zona.



### Porosidad

No se dispone de datos del coeficiente de almacenamiento en este acuífero. No obstante, dada la litología del mismo, y en función de los valores más significativos obtenidos a partir de más de 500 ensayos de bombeo realizados por el ITGE en acuíferos similares, se estima que su valor puede estar comprendido entre  $5 \times 10^{-2}$  y  $15 \times 10^{-2}$ .

## 6.- DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DE CIRCULACION DEL AGUA SUBTERRANEA.

En base a los valores del gradiente hidráulico, permeabilidad y porosidad, calculados en el apartado anterior, se han elaborado los Cuadros IV, V y VI donde se indica la velocidad de circulación del agua subterránea para distintas zonas del área controlada durante la experiencia de recarga.

Como se aprecia en dichos cuadros los resultados obtenidos son muy dispares en función de que se utilice un determinado valor de la permeabilidad y del coeficiente de almacenamiento. A título de ejemplo se indica a continuación, para el área situada en las proximidades de la instalación de recarga, los resultados obtenidos utilizando dos supuestos diferentes para dos estados distintos de la operación de recarga:

### a) Bajo la influencia del domo de recarga

La velocidad de circulación del agua subterránea es de 34 m/día si se utiliza un valor de la permeabilidad de 500 m/día y del coeficiente de almacenamiento de  $15 \times 10^{-2}$ . Y de 265 m/día si los valores utilizados son 1300 m/día y  $5 \times 10^{-2}$ .

### b) En régimen natural

La velocidad de circulación del agua subterránea es de 8 m/día para  $K = 500$  m/día y  $S = 15 \times 10^{-2}$ . Y de 61 m/día en el caso de que la permeabilidad valga 1300 m/día y el coeficiente de almacenamiento  $5 \times 10^{-2}$ .

En ambos casos la velocidad de circulación del agua subterránea es casi 8 veces mayor cuando se utiliza para la permeabilidad y el coeficiente de almacenamiento la pareja de valores 1300 m/día y  $5 \times 10^{-2}$ .

CUADRO IV. VELOCIDAD REAL DE CIRCULACION DEL AGUA SUBTERRANEA (m/día) CON  $S = 5 \times 10^{-2}$

FECHA	P <sub>1</sub> -P <sub>3</sub>		P <sub>3</sub> -P <sub>5</sub>		P <sub>1</sub> -P <sub>4</sub>		P <sub>1</sub> -P <sub>9</sub>		P <sub>1</sub> -P <sub>10</sub>		P <sub>1</sub> -P <sub>11</sub>		P <sub>1</sub> -P <sub>12</sub>		P <sub>1</sub> -P <sub>13</sub>		P <sub>15</sub> -P <sub>1</sub>		P <sub>16</sub> -P <sub>1</sub>		P <sub>5</sub> -P <sub>8</sub>		P <sub>4</sub> -Eto-VALDIO		P <sub>4</sub> -PEto		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
10-3-84							35	91	15	39	80	234	74	192,4	56	145,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
15-3-84	23,6	61,4	70	182	12	31,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	39	101,4	--	--	--	--	
16-3-84	32,5	84,5	--	--	12	31,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	39	101,4	--	--	39	101,4	
18-3-84	73,4	190,8	--	--	38	98,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	39	101,4	--	--	--	--	
21-3-84	84,4	245,4	70	182	49	127,4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	39	101,4	--	--	--	--	
22-3-84	96,2	250,1	72	187,2	50	130	92	239,2	72	187,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	39	101,4	--	--	--	--	
23-3-84	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	150	390	110	288	86	223,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
25-3-84	102	265,2	68	176,8	54	140,4	86	223,6	78	197,8	160	416	--	--	--	--	45	117	22	57,2	44	114,4	22	57,2	39	101,4	
28-3-84	78	202,8	67	174,2	42	109,2	50	130	52	135,2	140	364	--	--	--	--	44	114,4	26	67,8	47	122,2	24	62,4	41	106,6	
30-3-84	76	197,8	7	182	42	109,2	57	148,2	52	135,2	140	364	--	--	--	--	37	96,2	25	65	45	117	24	62,4	40	104	
5-4-84	56	150,8	73	189,8	32	83,2	31	80,8	31	80,8	120	312	80	234	73	189,8	39	101,4	23	59,8	45	117	26	67,4	42	109,2	

1 = 500 m/día  
2 = 1300 m/día

CUADRO V. VELOCIDAD REAL DE CIRCULACION DEL AGUA SUBTERRANEA (m/día) CON  $S = 10 \times 10^{-2}$

FECHA	P <sub>1</sub> -P <sub>3</sub>		P <sub>3</sub> -P <sub>5</sub>		P <sub>1</sub> -P <sub>4</sub>		P <sub>1</sub> -P <sub>9</sub>		P <sub>1</sub> -P <sub>10</sub>		P <sub>1</sub> -P <sub>11</sub>		P <sub>1</sub> -P <sub>12</sub>		P <sub>1</sub> -P <sub>13</sub>		P <sub>15</sub> -P <sub>1</sub>		P <sub>16</sub> -P <sub>1</sub>		P <sub>5</sub> -P <sub>8</sub>		P <sub>4</sub> El-VALDIO		P <sub>4</sub> -PEB		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
10-3-94	—	—	—	—	—	—	17,5	45,5	7,5	19,5	45	117	37	96,2	28	72,8	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—
15-3-94	11,8	30,68	35	91	6	15,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19,5	50,7	—	—	—	—	
16-3-94	18,25	42,25	—	—	6	15,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19,5	50,7	—	—	19,5	50,7	
18-3-94	36,7	95,4	—	—	19	49,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19,5	50,7	—	—	—	—	
21-3-94	47,2	122,7	35	91	24,5	63,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19,5	50,7	—	—	—	—	
22-3-94	48,1	125,05	36	93,6	25	65	46	119,6	36	93,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19,5	50,7	—	—	—	—	
23-3-94	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	75	195	55	143	43	111,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
25-3-94	51	132,6	34	88,4	27	70,2	43	111,8	36	96,8	80	208	—	—	—	—	22,5	58,5	11	28,6	22	57,2	11	28,6	19,5	50,7	
29-3-94	36	101,4	33,5	87,1	21	54,6	25	65	26	67,6	70	182	—	—	—	—	22	57,2	13	33,8	23,5	61,1	12	31,2	20,5	53,3	
30-3-94	38	96,8	35	91	21	54,6	26,5	74,1	26	67,6	70	182	—	—	—	—	16,5	48,1	12,5	32,5	22,5	58,5	12	31,2	20,5	52	
5-4-94	29	75,4	36,5	94,9	16	41,6	15,5	40,3	15,5	40,3	60	156	45	45	36,5	94,9	19,5	50,7	11,5	29,9	22,5	58,5	13	33,7	21	54,6	

1 = 500 m/día  
2 = 1300 m/día

CUADRO VI. VELOCIDAD REAL DE CIRCULACION DEL AGUA SUBTERRANEA (m/día) CON  $S = 15 \times 10^{-2}$

FECHA	P <sub>1</sub> -P <sub>3</sub>		P <sub>3</sub> -P <sub>5</sub>		P <sub>1</sub> -P <sub>4</sub>		P <sub>1</sub> -P <sub>9</sub>		P <sub>1</sub> -P <sub>10</sub>		P <sub>1</sub> -P <sub>11</sub>		P <sub>1</sub> -P <sub>12</sub>		P <sub>1</sub> -P <sub>13</sub>		P <sub>15</sub> -P <sub>1</sub>		P <sub>16</sub> -P <sub>1</sub>		P <sub>5</sub> -P <sub>8</sub>		P <sub>4</sub> El-VALDIO		P <sub>4</sub> -PEEl	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
10-3-94	--	--	--	--	--	--	11,6	30,3	5	12,9	30	77,9	24,6	64,1	16,6	48,5	--	--	2,6	6,9	--	--	--	--	--	--
15-3-94	7,8	20,45	23,3	60,6	3,9	10,4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	13	33,8	--	--	--	--	
16-3-94	10,8	28,2	--	--	3,9	10,4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	13	33,8	--	--	13	33,7	
18-3-94	24,5	63,6	--	--	12,6	32,9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	13	33,8	--	--	--	--	
21-3-94	31,4	81,8	23,3	60,6	16,3	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	13	33,8	--	--	--	--	
22-3-94	32	83,3	23,9	62,4	16,6	43,3	30,6	79,7	24	62,3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	13	33,8	--	--	--	--	
23-3-94	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	50	129,9	36,6	65,3	26,6	74,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
25-3-94	34	88,3	22,6	59	18	46,8	26,6	74,5	25,3	65,8	53,3	136,6	--	--	--	--	15	36,9	7,3	19	14,6	36,1	7,3	19	13	33,7
29-3-94	26	67,6	22,3	58	14	36,4	16,6	43,3	17,3	45	46,6	121,3	--	--	--	--	14,6	36,1	6,6	22,5	15,6	40,7	8	20,6	13,6	35,5
30-3-94	25,3	65,9	23,3	60,6	14	36,4	19	49,3	17,3	45	46,6	121,3	--	--	--	--	12,3	32	6,3	21,6	15	36,9	8	20,6	13,3	34,6
5-4-94	19,3	50,2	24,3	63,2	10,6	27,7	10,3	26,6	10,3	26,6	40	103,9	30	77,9	24,3	63,2	13	33,6	7,6	19,9	15	36,9	6,6	22,5	14	36,4

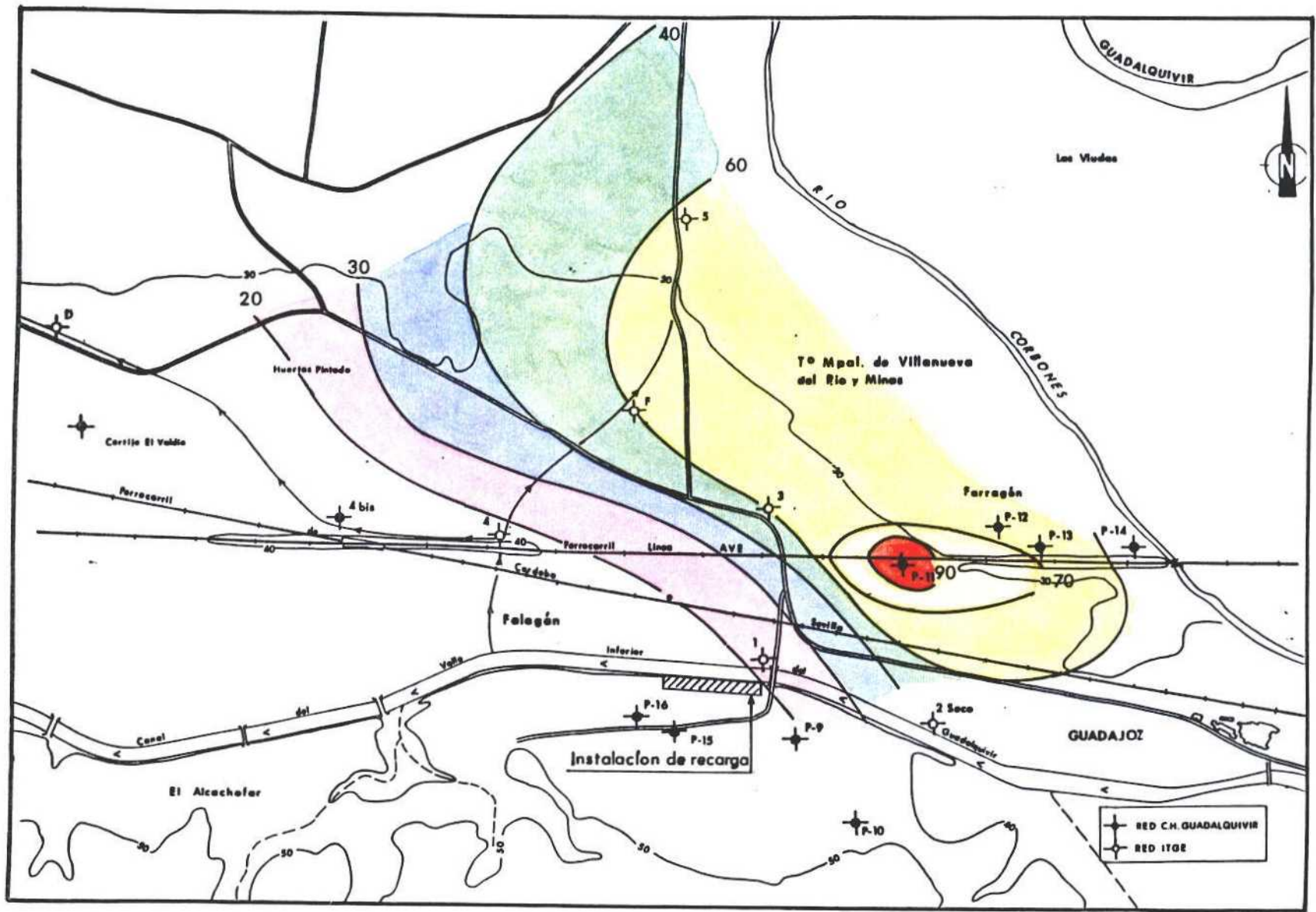
1 = 500 m/día  
2 = 1300 m/día

El tiempo que tardaría el agua infiltrada en el dispositivo de recarga en drenarse por el río Guadalquivir, que se encuentra situado a una distancia aproximada de 4000 m, sería el indicado en la tabla adjunta.

<b>VELOCIDAD DE CIRCULACION DEL AGUA SUBTERRANEA</b>	<b>TIEMPO DE ALMACENAMIENTO DEL AGUA</b>
34 m/día	117 días
265 m/día	15 días
8 m/día	500 días
61 m/día	65 días

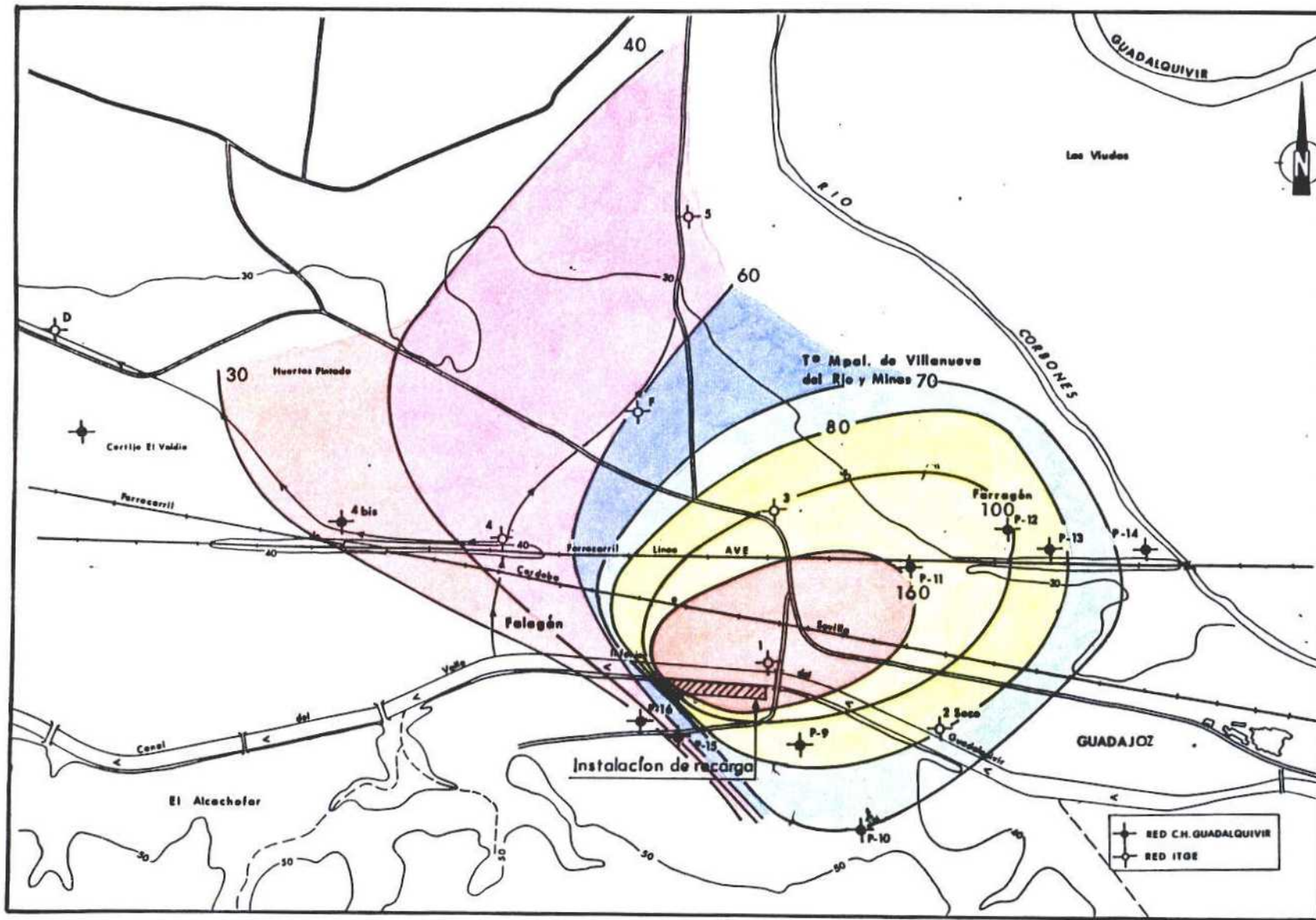
Evidentemente, las posibilidades de programar una gestión adecuada en el acuífero varían mucho en función de que se utilicen unos u otros valores. Por consiguiente, una de las actuaciones que es preciso programar, con mayor urgencia, para poder determinar la viabilidad práctica de la recarga artificial, así como para proponer un adecuado esquema de aprovechamiento de los recursos hídricos del acuífero, es la planificación de una amplia campaña de ensayos de bombeos que determinen con la mayor precisión posible la variabilidad espacial de los parámetros hidrogeológicos.

En los mapas 1 a-b-c, se han representado zonas de igual velocidad de circulación del agua subterránea. Dichos mapas se han elaborado considerando la hipótesis de que la permeabilidad tiene un valor de 500 m/día y el coeficiente de almacenamiento de  $5 \times 10^{-2}$ . Los valores así deducidos, para la velocidad de circulación del agua subterránea, son intermedios, acercándose a desfavorables, entre los máximos y mínimos obtenidos a partir de las diferentes combinaciones que se pueden realizar con los potenciales valores de k y S que se pueden dar en este acuífero. En estos mapas los valores absolutos son susceptibles de variar al utilizar otras hipótesis para la permeabilidad y el coeficiente de almacenamiento. No obstante

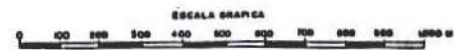


ZONAS DE IGUAL VELOCIDAD DE CIRCULACION DEL AGUA SUBTERRANEA 15/3/94

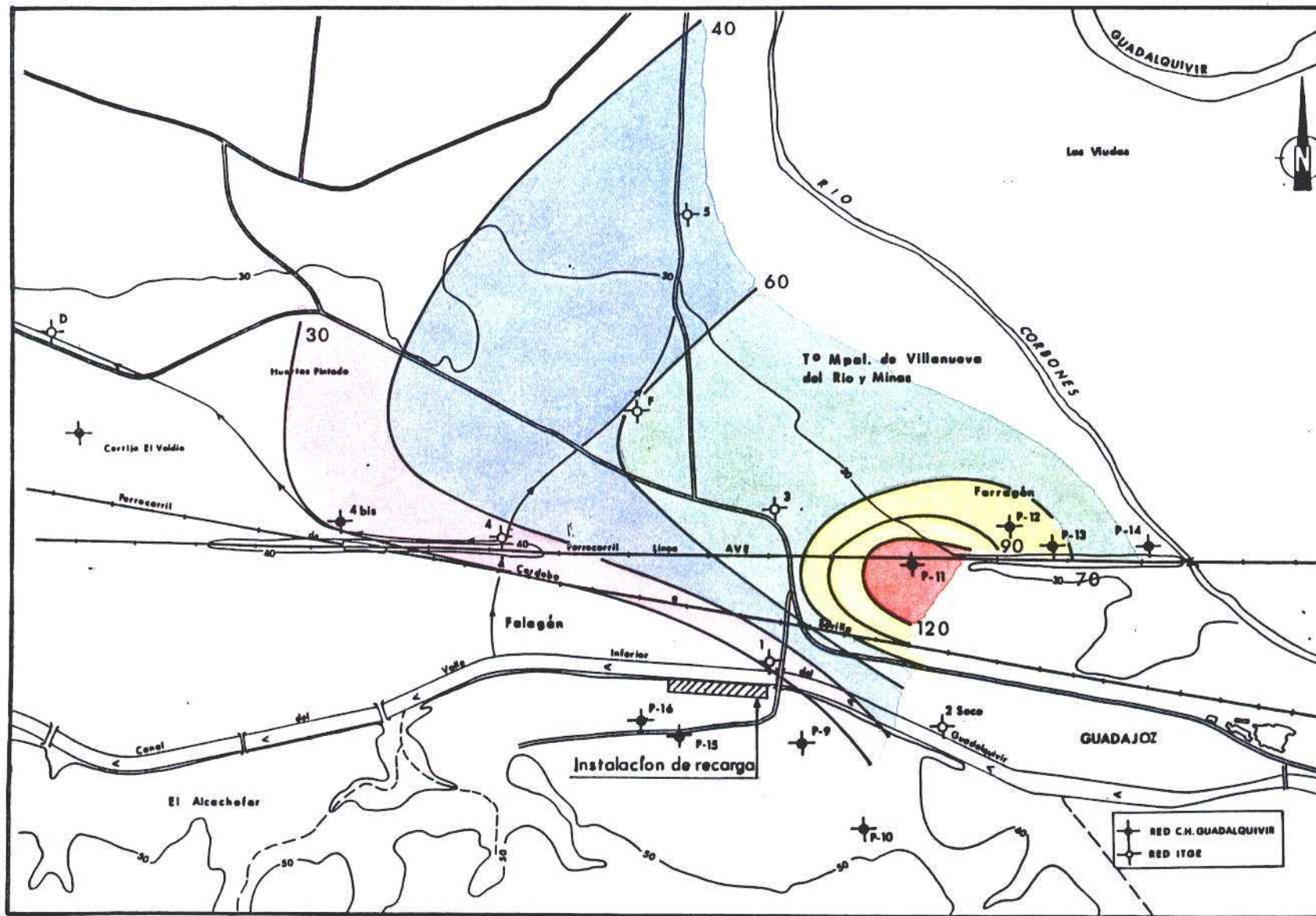
Mapa 1a



ZONAS DE IGUAL VELOCIDAD DE CIRCULACION DEL AGUA SUBTERRANEA 25/3/94







ZONAS DE IGUAL VELOCIDAD DE CIRCULACION DEL AGUA SUBTERRANEA 15/3/94

Mapa 1c

la disposición general del campo de velocidades, obtenida para las tres situaciones representadas en los mismos, resultará, probablemente, muy semejante en todos los casos.

Es necesario advertir que los valores indicados en dichos mapas son únicamente orientativos, ya que la velocidad real de circulación se ha calculado exclusivamente en base a la velocidad de Darcy considerando el valor de la permeabilidad constante y sin tener además en cuenta el dimensionamiento de las secciones de paso. Estos condicionantes, muy probablemente, han dado lugar a que, a nivel de acuífero, no se cumplan las leyes fundamentales de la hidráulica en medios porosos. No obstante, se ha decidido incluir dichos mapas dentro del presente informe, dado que tienen un enorme carácter didáctico para entender el mecanismo hidrodinámico de la recarga artificial. A continuación se realiza un breve comentario sobre los fenómenos que se pueden observar en cada uno de ellos.

El mapa 1-a, que representa la situación inicial antes del comienzo de la recarga artificial, presenta una distribución de velocidades que se incrementa paulatinamente según disminuye la distancia al curso del río Corbones. También se detecta en el mismo la aparición de una pequeña zona con velocidades superiores a las existentes en el resto del acuífero y que, probablemente, está asociada a una importante depresión del nivel piezométrico, ya que en esa zona se ha estado bombeando intensamente durante la realización de la experiencia de recarga.

El mapa 1-b, que corresponde a la situación existente al finalizar la operación de infiltración, muestra en torno a la instalación de recarga una repartición de velocidades que disminuye de valor a medida que aumenta la distancia al dispositivo de recarga. Esta distribución de velocidades se encuentra claramente relacionada con la disposición del domo de recarga. También es preciso destacar que en las zonas más alejadas del centro de recarga los valores de la velocidad de circulación del agua

subterránea son prácticamente idénticos a los existentes antes del comienzo de la experiencia de recarga.

En el Mapa 1-c, que representa la situación existente diez días después de finalizar la operación de infiltración, se aprecia, con respecto al estado de máxima recarga, una disminución drástica de la velocidad en las cercanías de la instalación de recarga, aunque no se llegan a alcanzar los valores iniciales. Por otro lado, en las zonas más alejadas del centro de recarga la distribución de velocidades es muy semejante a la representada en los dos mapas comentados anteriormente. Por último, en la zona definida por la línea de piezómetros  $P_{11}$ ,  $P_{12}$  y  $P_{13}$  se observa una distribución de velocidades elevada que hace pensar que tal vez, existe un camino preferencial de drenaje hacia el río Corbones.

Como resumen final, indicar que la situación reflejada en los mapas anteriormente comentados parece detectar un desplazamiento preferencial del agua subterránea hacia el río Corbones. No obstante, como ya se ha mencionado en un apartado precedente, este supuesto precisa para su confirmación de estudios de mayor detalle.

Ahora bien, a nivel general del acuífero, y en el supuesto de que las instalaciones de recarga se ubiquen en otros lugares más favorables, y utilizando como hipótesis para el cálculo de la velocidad de circulación del agua subterránea las siguientes:

- Valor del coeficiente de almacenamiento  $10 \times 10^{-2}$ , que es el deducido en base al área de embalse influenciada por la operación de recarga.
- Permeabilidad del acuífero variable entre 500 y 1300 m/día. Valores calculados a partir de ensayos de bombeo realizados en este acuífero.

Se puede estimar que, en régimen no influenciado, la velocidad real de circulación del agua subterránea está comprendida entre 16 y 47 m/día. Mientras que teniendo en cuenta el efecto del domo de recarga el valor de la misma puede cuantificarse entre 26 y 70 m/día.

Estos últimos valores permiten determinar que el tiempo de almacenamiento del agua recargada puede estar comprendido entre 57 y 150 días. Resultados que resultan muy esperanzadores, ya que presentan suficiente margen operativo para poder recargar en los bordes de la terraza en épocas excedentarias (Abril-Mayo) y extraer por bombeo, en las proximidades del río, en períodos secos (Junio-Julio-Agosto).

## **7.- CONCLUSIONES**

Las principales conclusiones que se desprenden del análisis realizado en el presente estudio son las siguientes:

- La instalación de recarga localizada en las proximidades de Guadajoz no parece estar ubicada en el lugar más adecuado, ya que se encuentra sobre la divisoria hidrogeológica entre el río Guadalquivir y el Corbones. Este último, además, se encuentra relativamente cerca del dispositivo de infiltración, detectándose en base a los resultados obtenidos en el presente estudio, que el mismo puede actuar como un colector de drenaje rápido del agua que se infiltra en la instalación de recarga. No obstante, este supuesto debe confirmarse con estudios de mayor detalle, ya que de ser cierto puede reducir notablemente la efectividad de la instalación.
  
- La respuesta piezométrica obtenida a partir de las pruebas realizadas se sintetiza a continuación:
  - a) En las inmediaciones de la instalación de infiltración se producen ascensos piezométricos muy rápidos de hasta 3-4 m. Los descensos a los diez días de finalizada la introducción de agua se pueden evaluar por término medio en 1,5 m. Este hecho implica que la fase de descarga es más lenta que la de recarga.
  
  - b) Los ascensos de nivel se cuantifican en torno a 0,5 m. en los piezómetros localizados a una distancia intermedia de la instalación de infiltración. En esta zona el desfase existente entre caudal infiltrado e incremento del nivel piezométrico es del orden de 7-10 días. Asimismo, no se han detectado descensos piezométricos durante todo el período

de control. Este hecho implica que en esta zona, transcurridos 21 días desde el inicio de la recarga, todavía no ha cesado el efecto de la misma.

c) Resulta difícil precisar la detección del efecto de recarga en los piezómetros localizados en la zona más alejada de la instalación de recarga. Por consiguiente se puede afirmar que se produce un almacenamiento de agua perdurable durante un cierto tiempo.

- El área afectada por el efecto de recarga se puede cuantificar para el día 25/3/94 en 1-1,5 km<sup>2</sup> y para el día 5/4/94 en 2,5-3 km<sup>2</sup>. Asimismo, para la primera fecha más del 50% del volumen de agua infiltrada se encontraba embalsada en los alrededores (aproximadamente 0,3 km<sup>2</sup>) de la zanja de infiltración. Este porcentaje disminuía al 30% para la segunda fecha citada anteriormente.

- El gradiente natural del acuífero parece estar comprendido entre un uno por mil y cuatro por mil, aunque se detecta una pequeña franja definida por los piezómetros P-11, P-12, P-13, P-14 y río Corbones que alcanza valores más elevado (seis por mil a nueve por mil).

El efecto del domo de recarga hace que el valor del gradiente se multiplique por cinco en las inmediaciones de la instalación de recarga.

- Los ensayos de bombeo realizados en la zona permiten estimar que la permeabilidad del acuífero puede estar comprendida entre 500 m/día y 1300 m/día. Estos valores se pueden considerar altos pero acordes con las litologías (gravas y arenas) observadas en la zona.

- El coeficiente de almacenamiento, deducido en base al área de embalse afectada por la operación de recarga, se puede cuantificar en  $11 \times 10^{-2}$ .
- La velocidad de circulación del agua subterránea, bajo la influencia del domo de recarga, puede cuantificarse entre 26 y 70 m/día. Por tanto, el tiempo de almacenamiento del agua recargada puede estar comprendido entre 57 y 150 días.

Estos valores deben tomarse con muchísima precaución dado que se han deducido a partir de un número muy reducido de datos iniciales de campo. No obstante, resultan muy esperanzadores respecto a las posibilidades operacionales que presente la técnica de recarga artificial para este acuífero.

## **8.- RECOMENDACIONES**

Aunque los resultados obtenidos se pueden catalogar, en principio, como altamente positivos, es preciso indicar que el conjunto de los mismos no permite asegurar la viabilidad técnica y económica de esta tecnología, ni proponer alternativas de gestión, basadas en la misma, que optimicen, el aprovechamiento de los recursos hídricos del acuífero.

Por consiguiente, es preciso proponer un programa de actuación fundamentado en las siguientes líneas de trabajo:

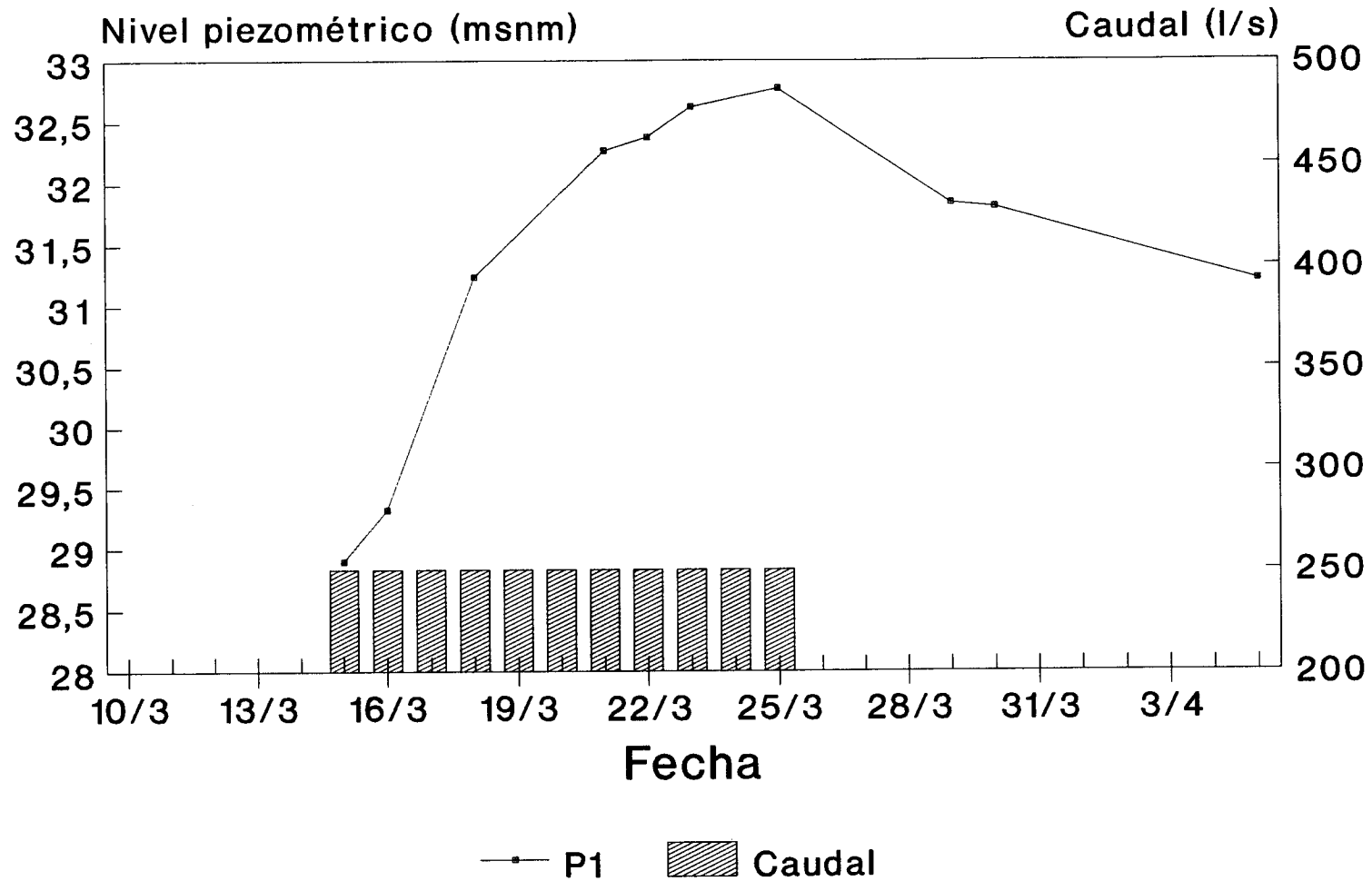
- Realizar una experiencia de larga duración, sobre las dos instalaciones construidas actualmente, que evalúe "in situ" la respuesta del acuífero en diferentes lugares, así como la posible problemática que se puede presentar.
- Actualizar el conocimiento hidrogeológico de la unidad y realizar un modelo matemático del sistema hídrico en el que se puedan simular diferentes alternativas de gestión fundamentadas en la utilización de la técnica de la recarga artificial de acuíferos y del grado de explotación actual y futuro. Así como definir las opciones más seguras para el diseño y ubicación de las obras necesarias.
- Valorar la viabilidad técnica y económica del proyecto proponiendo un esquema de gestión que optimice la utilización de los recursos hídricos de la zona.



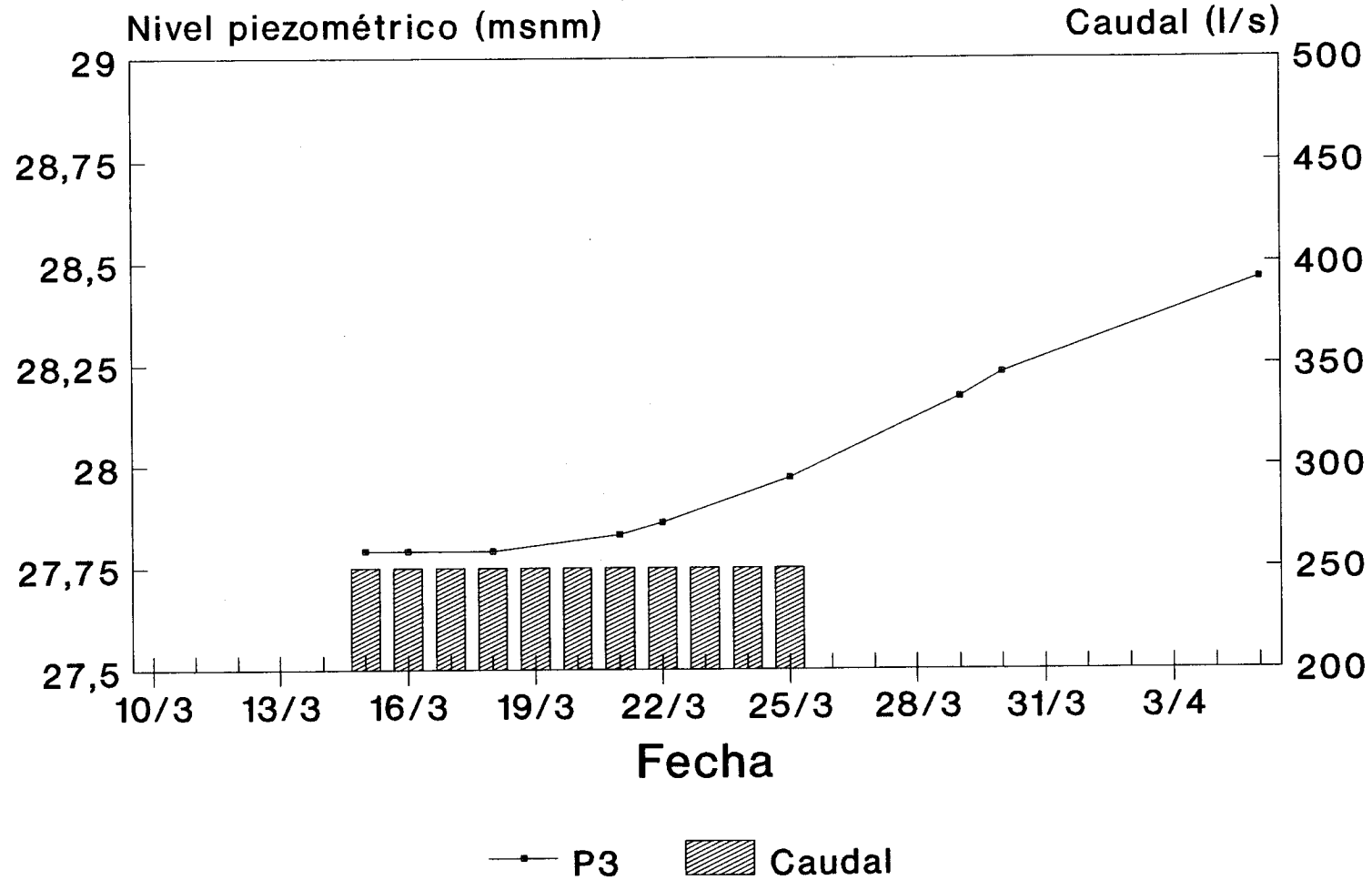
**A N E X O I**

**EVOLUCION DE NIVELES EN LOS PIEZOMETROS DE LA RED  
ESPECIFICA DE RECARGA**

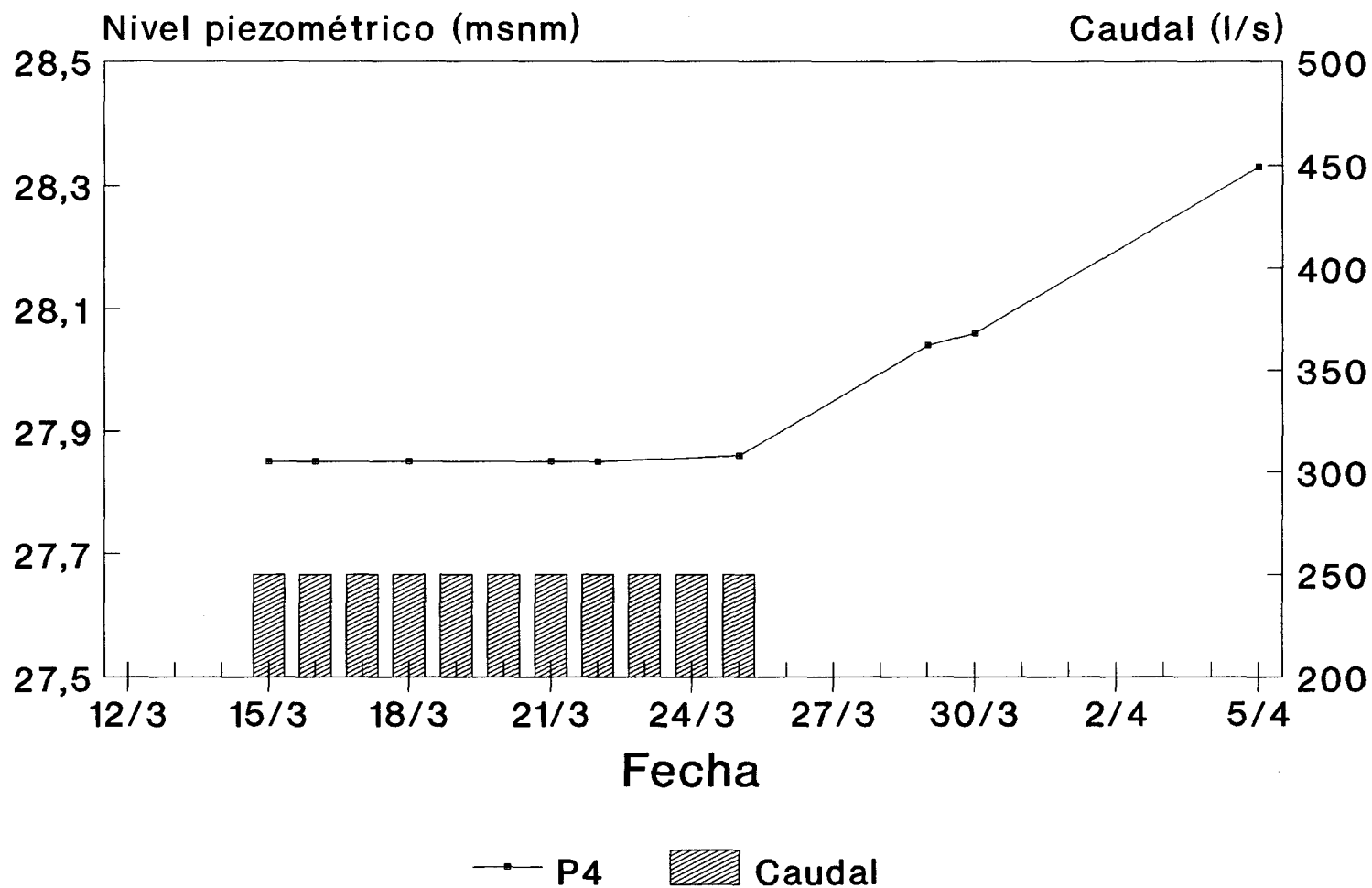
# Recarga de Guadajoz



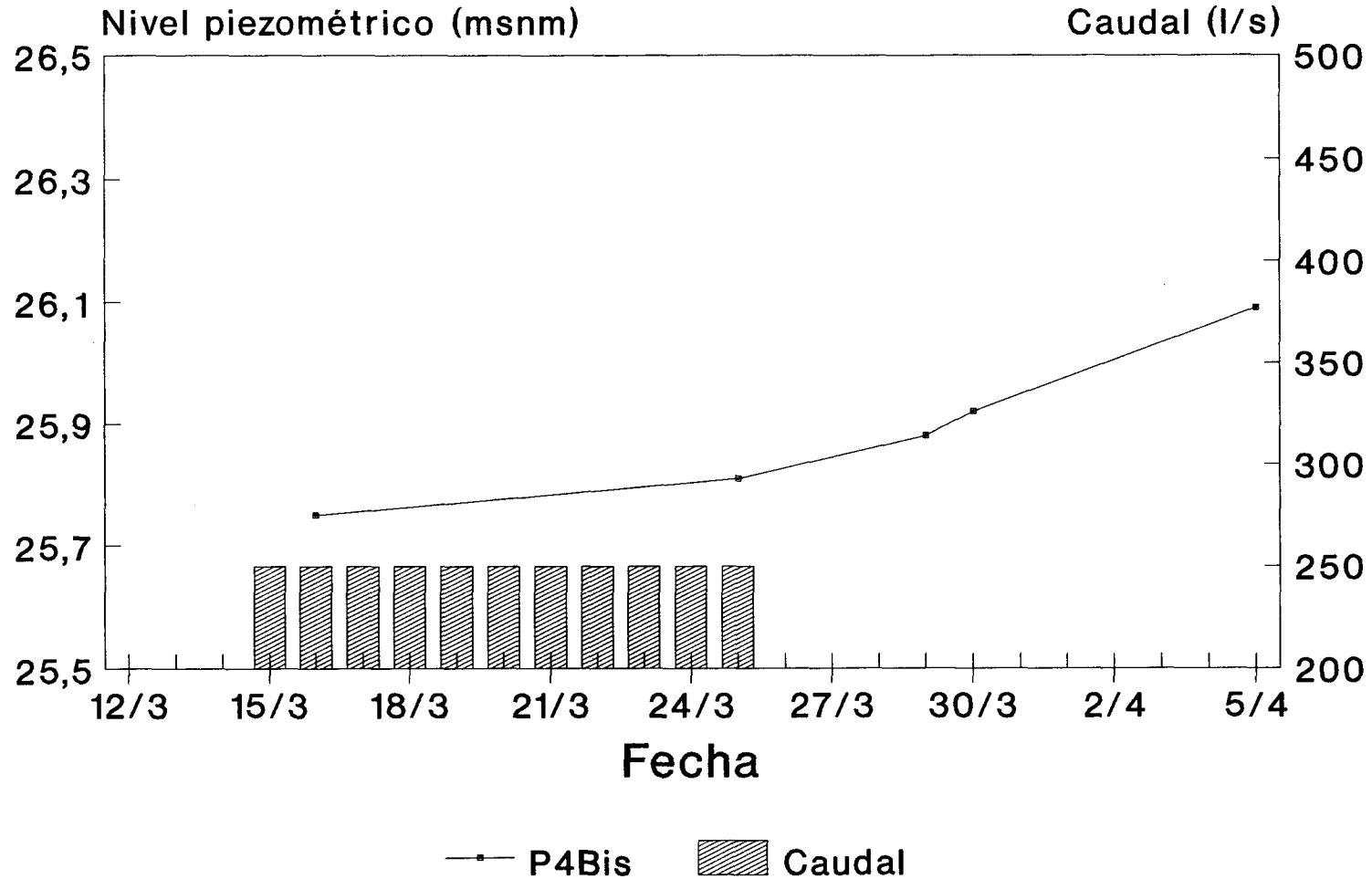
# Recarga de Guadajoz



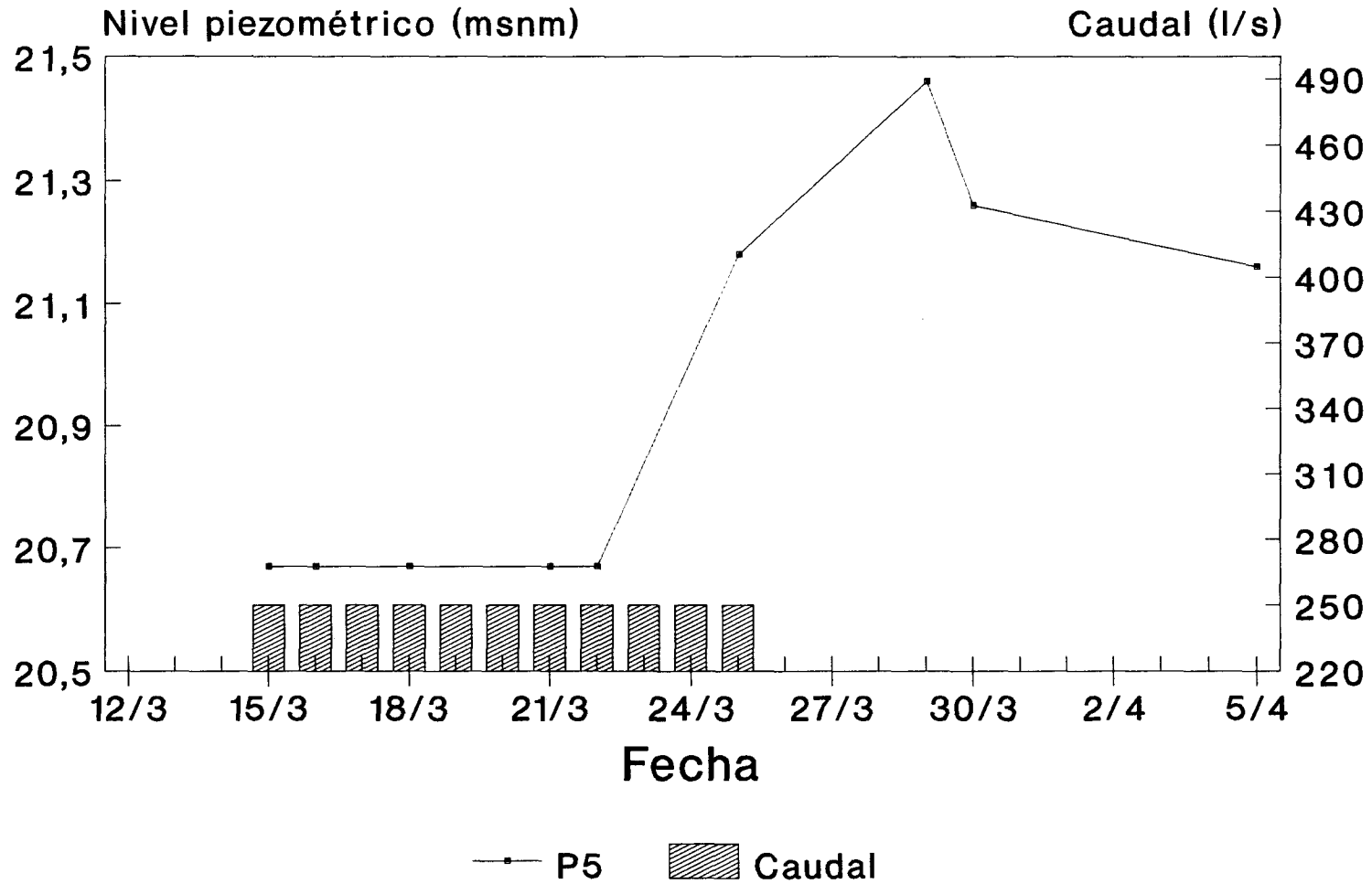
# Recarga de Guadajoz



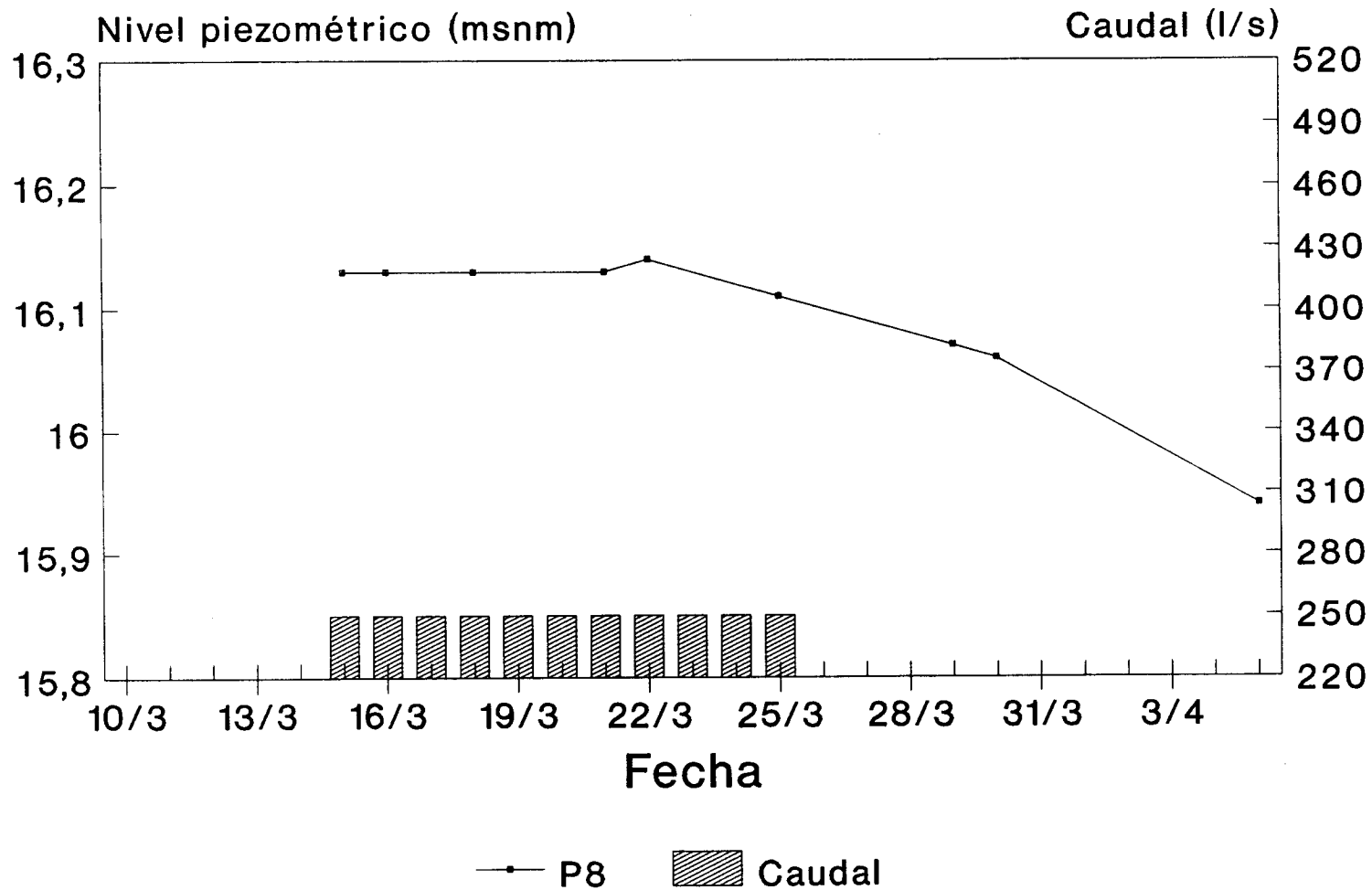
# Recarga de Guadajoz



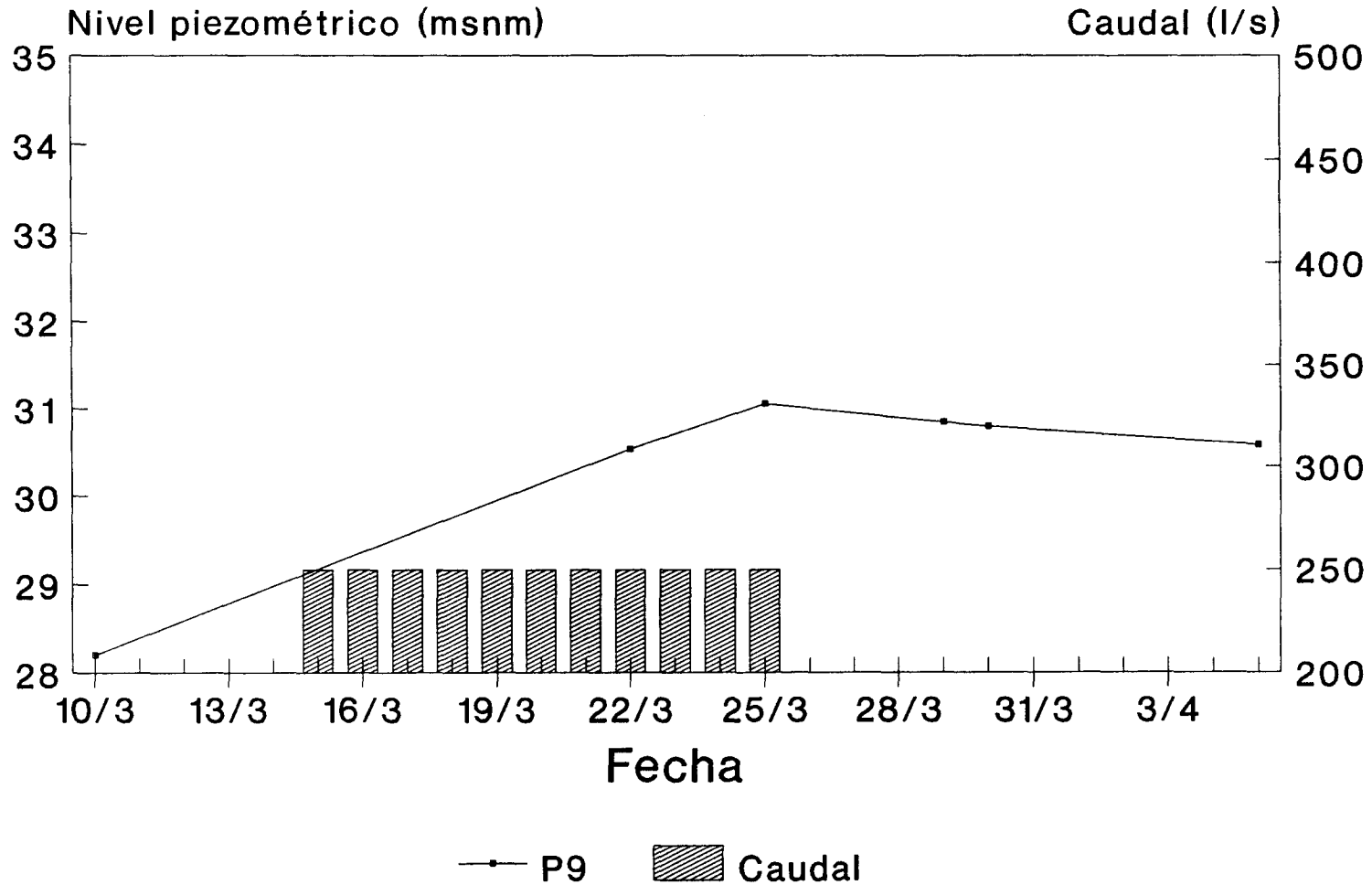
# Recarga de Guadajoz



# Recarga de Guadajoz

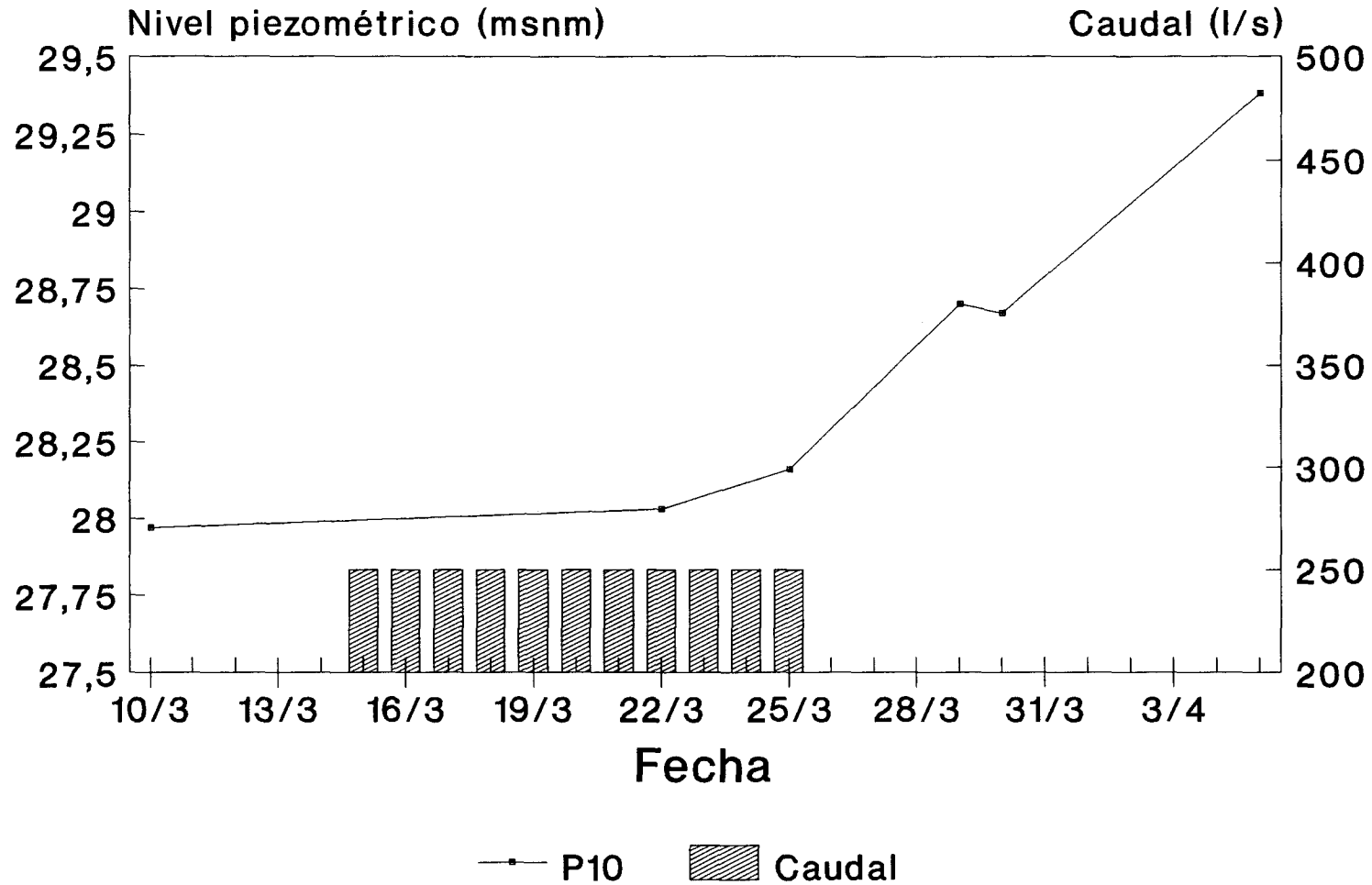


# Recarga de Guadajoz

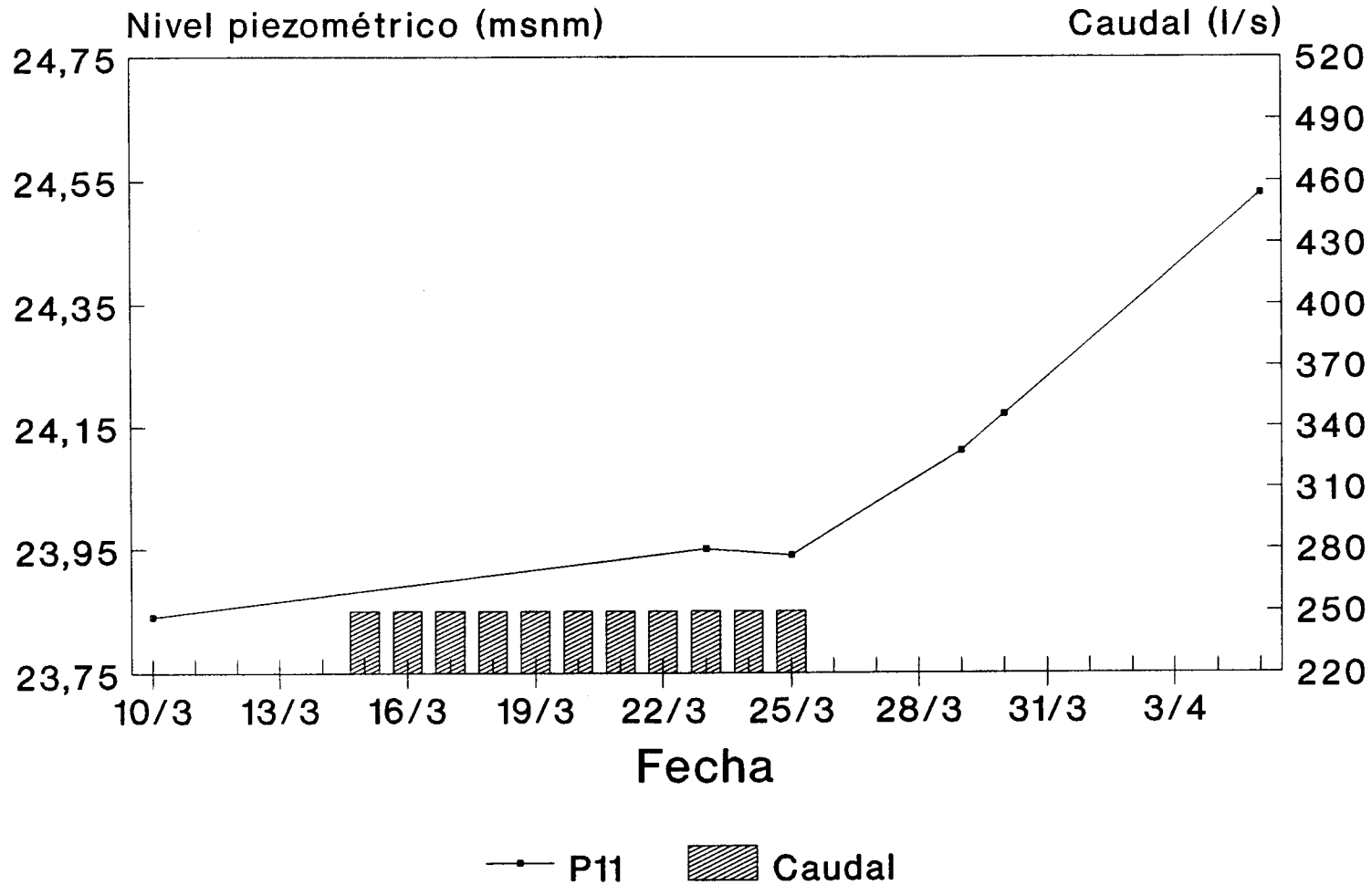




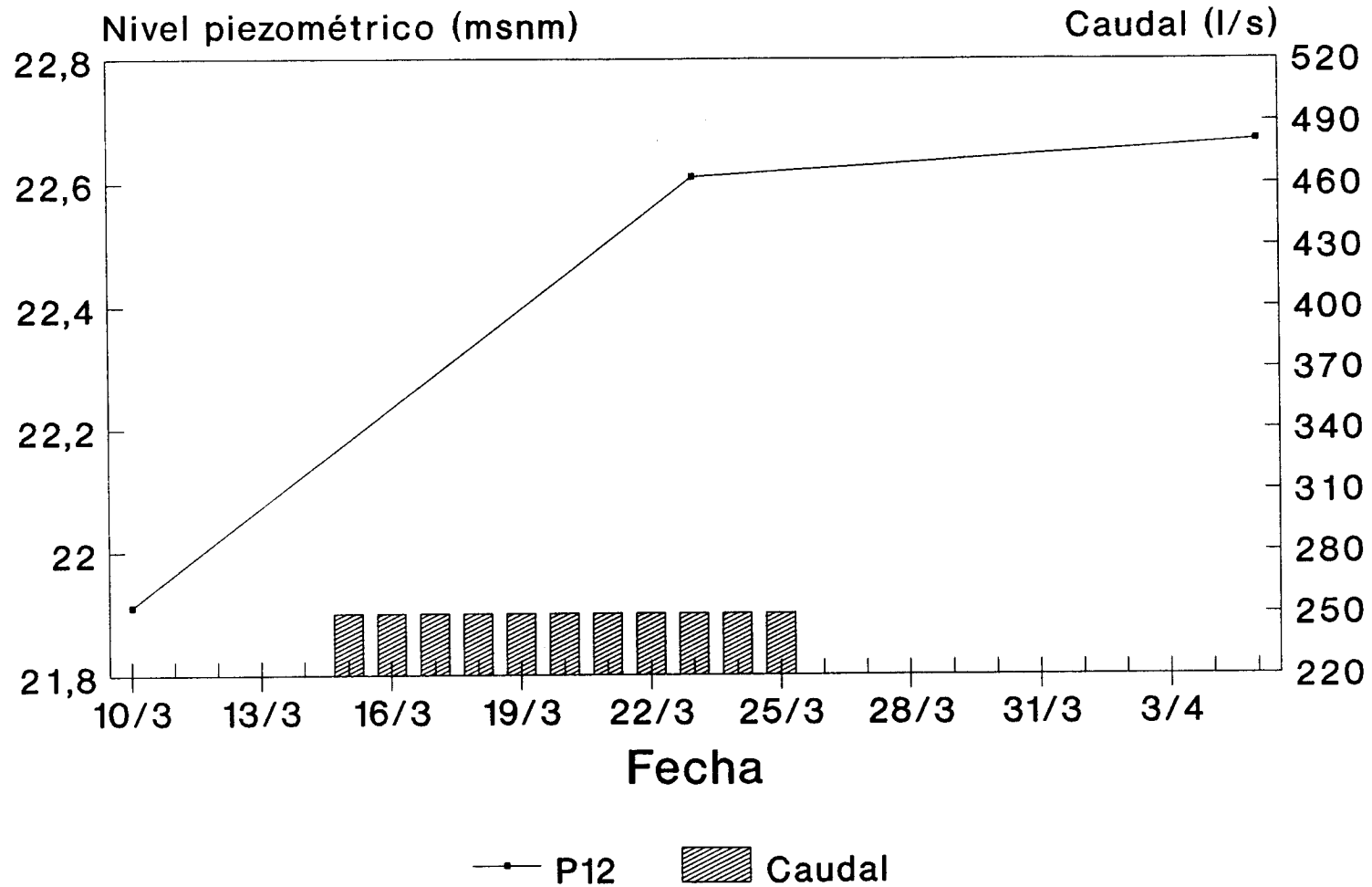
# Recarga de Guadajoz



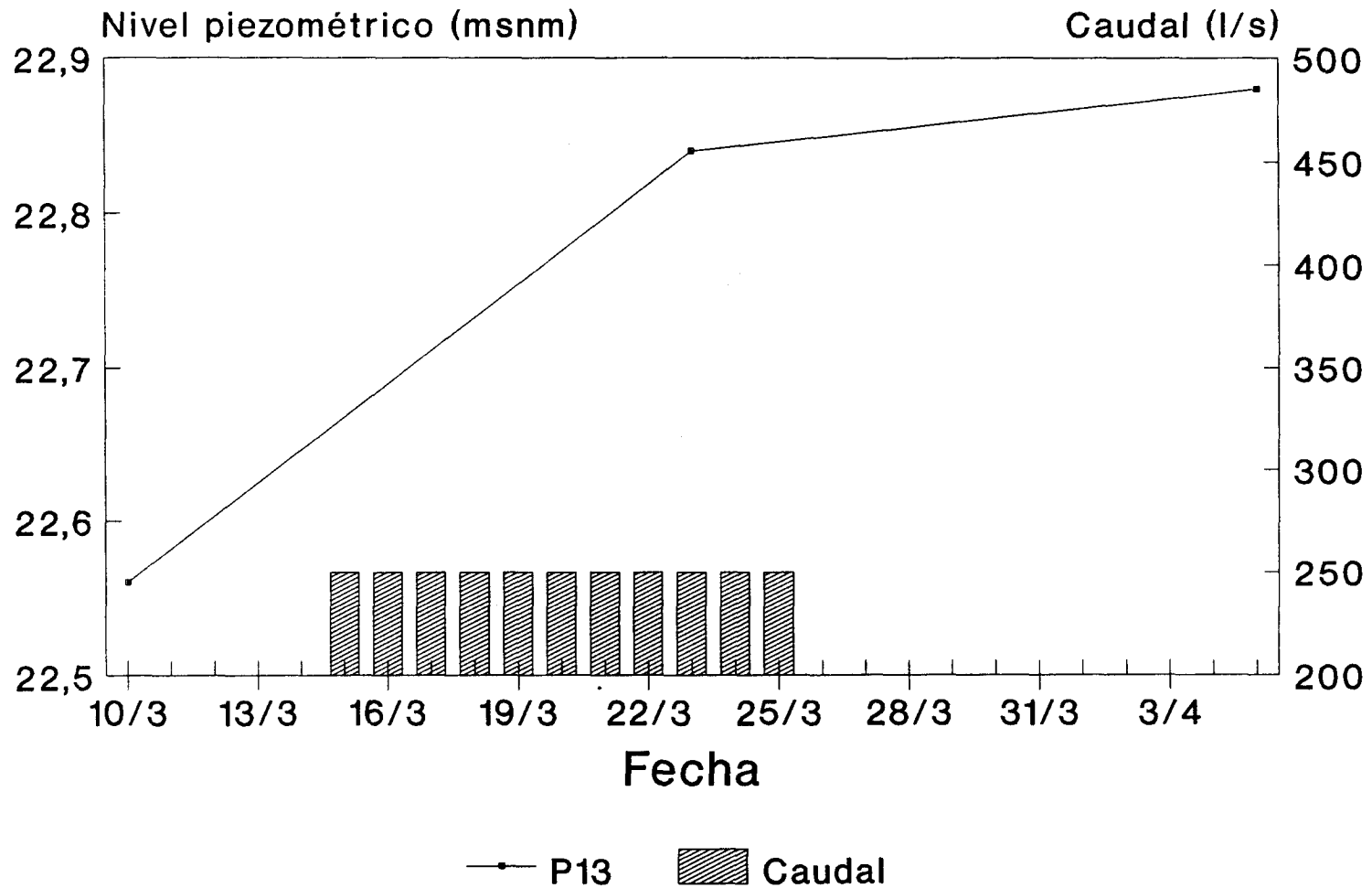
# Recarga de Guadajoz



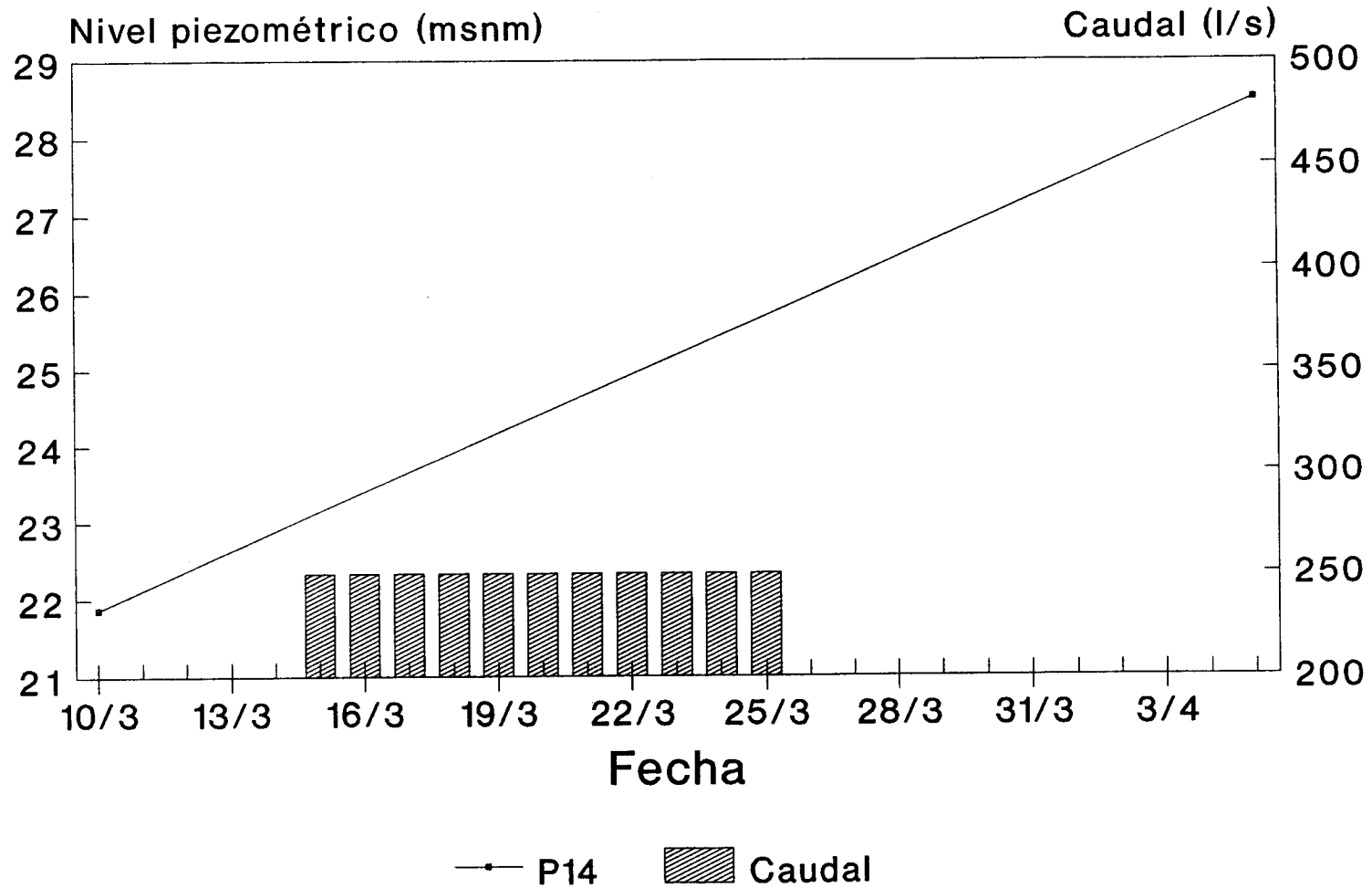
# Recarga de Guadajoz



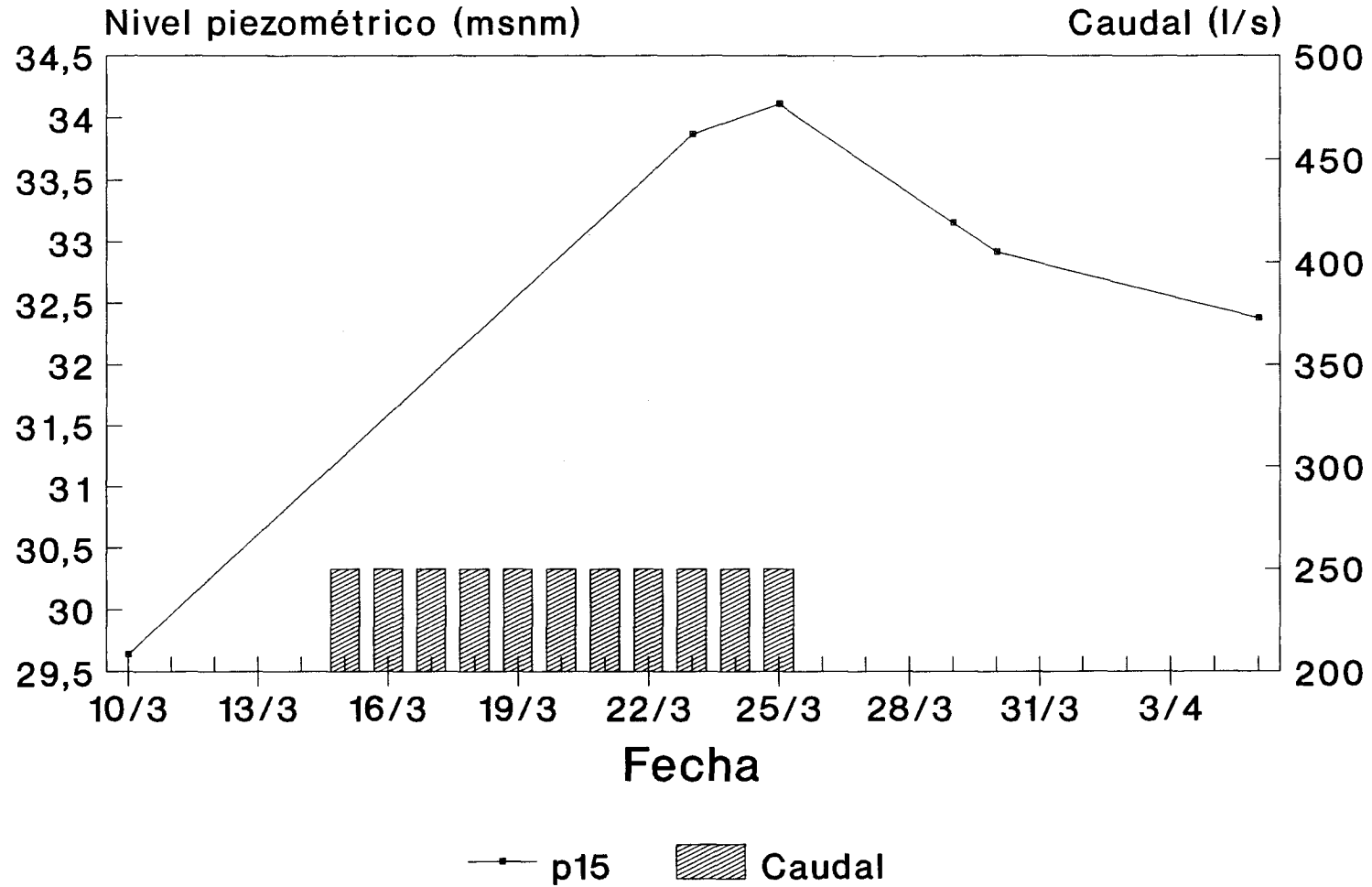
# Recarga de Guadajoz



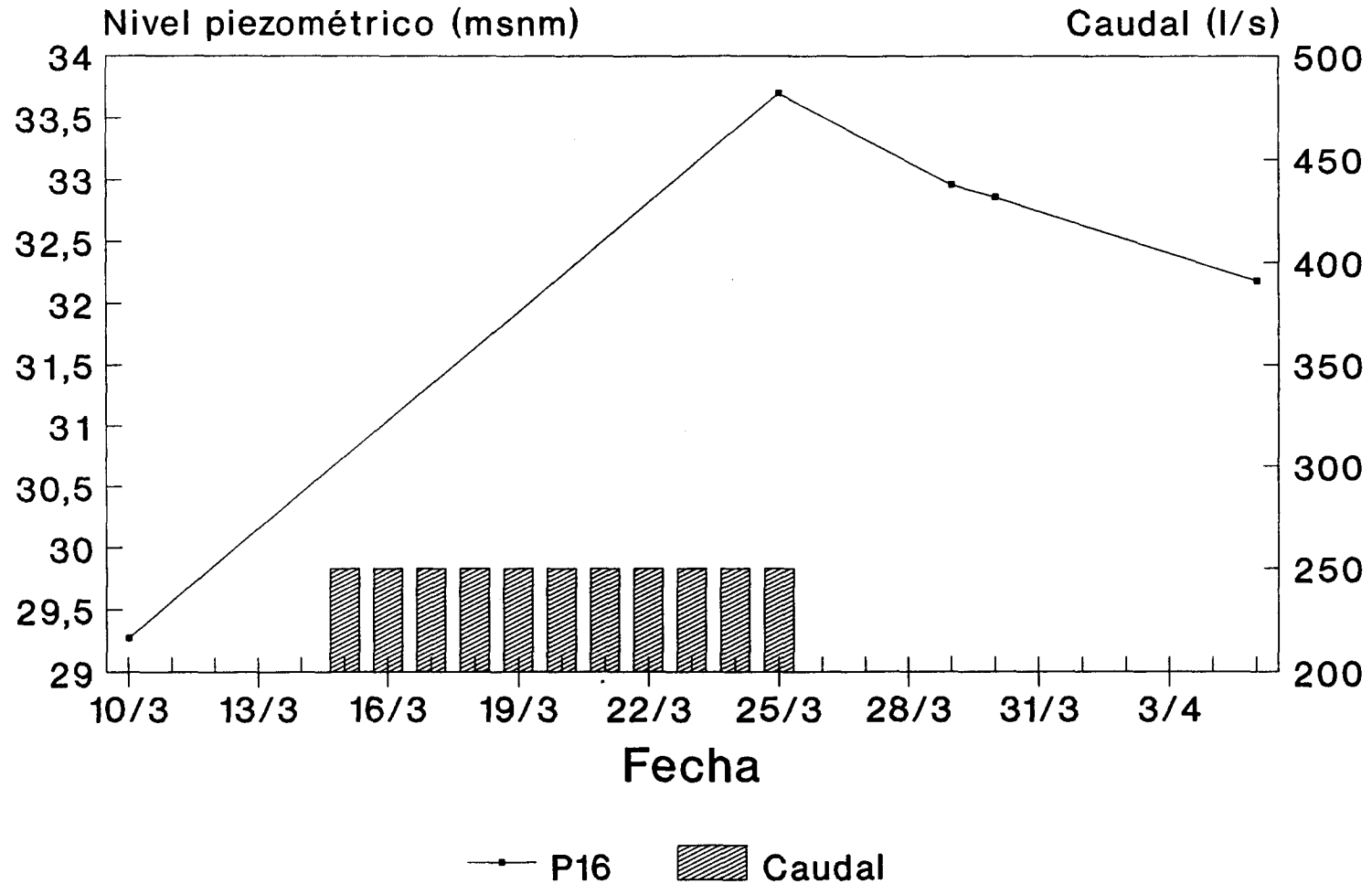
# Recarga de Guadajoz



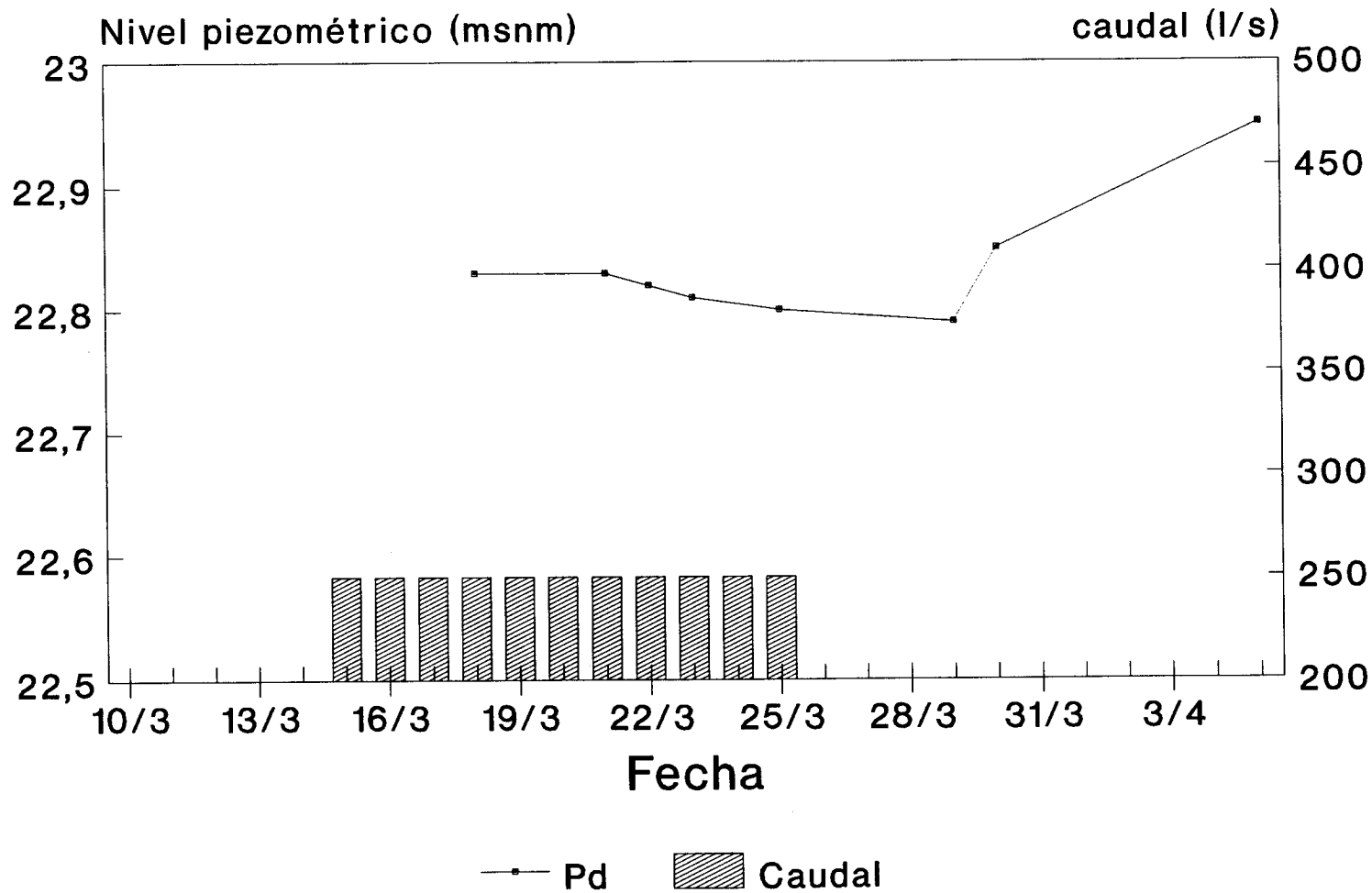
# Recarga de Guadajoz



# Recarga de Guadajoz

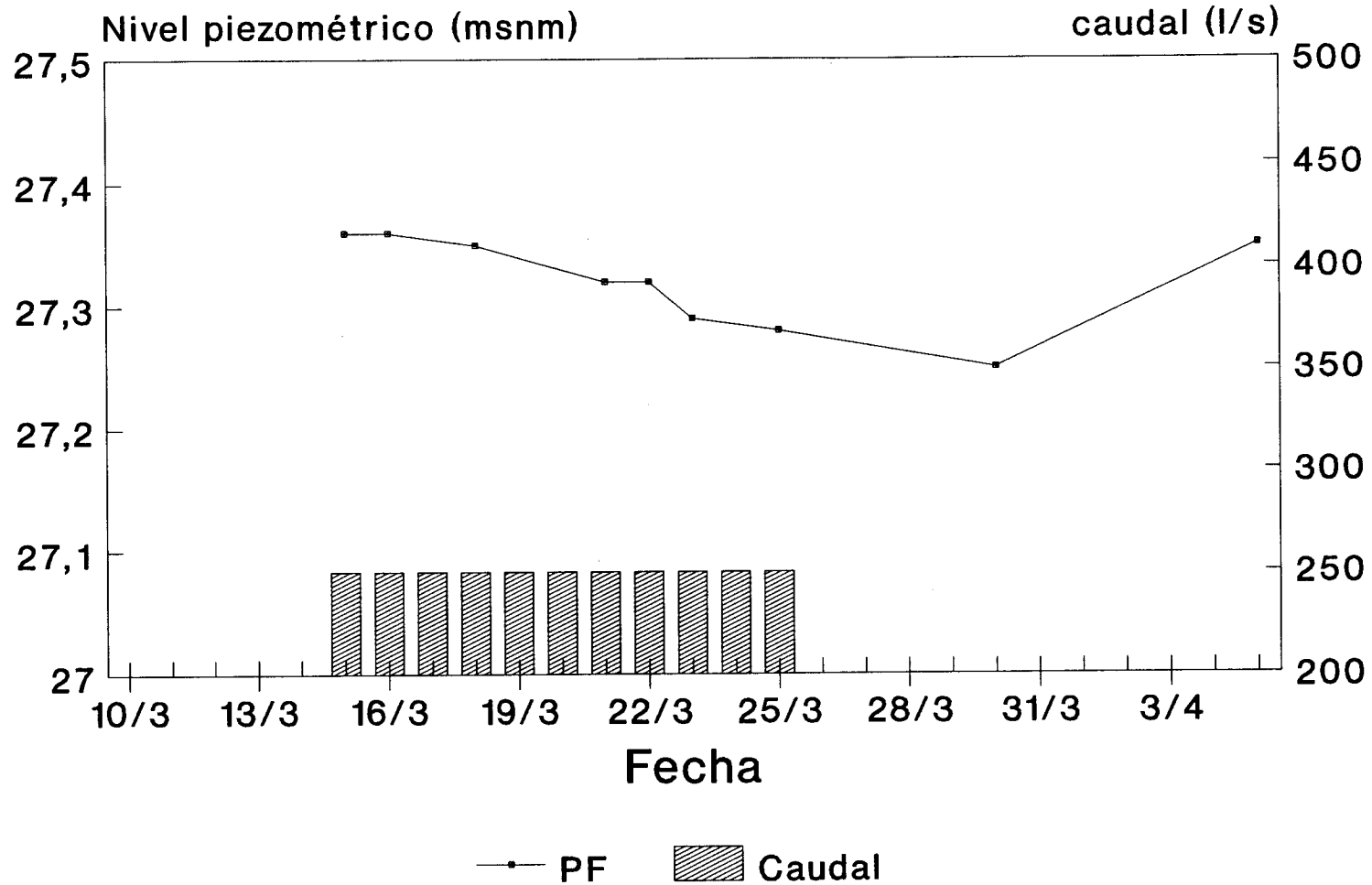


# Recarga de Guadajoz

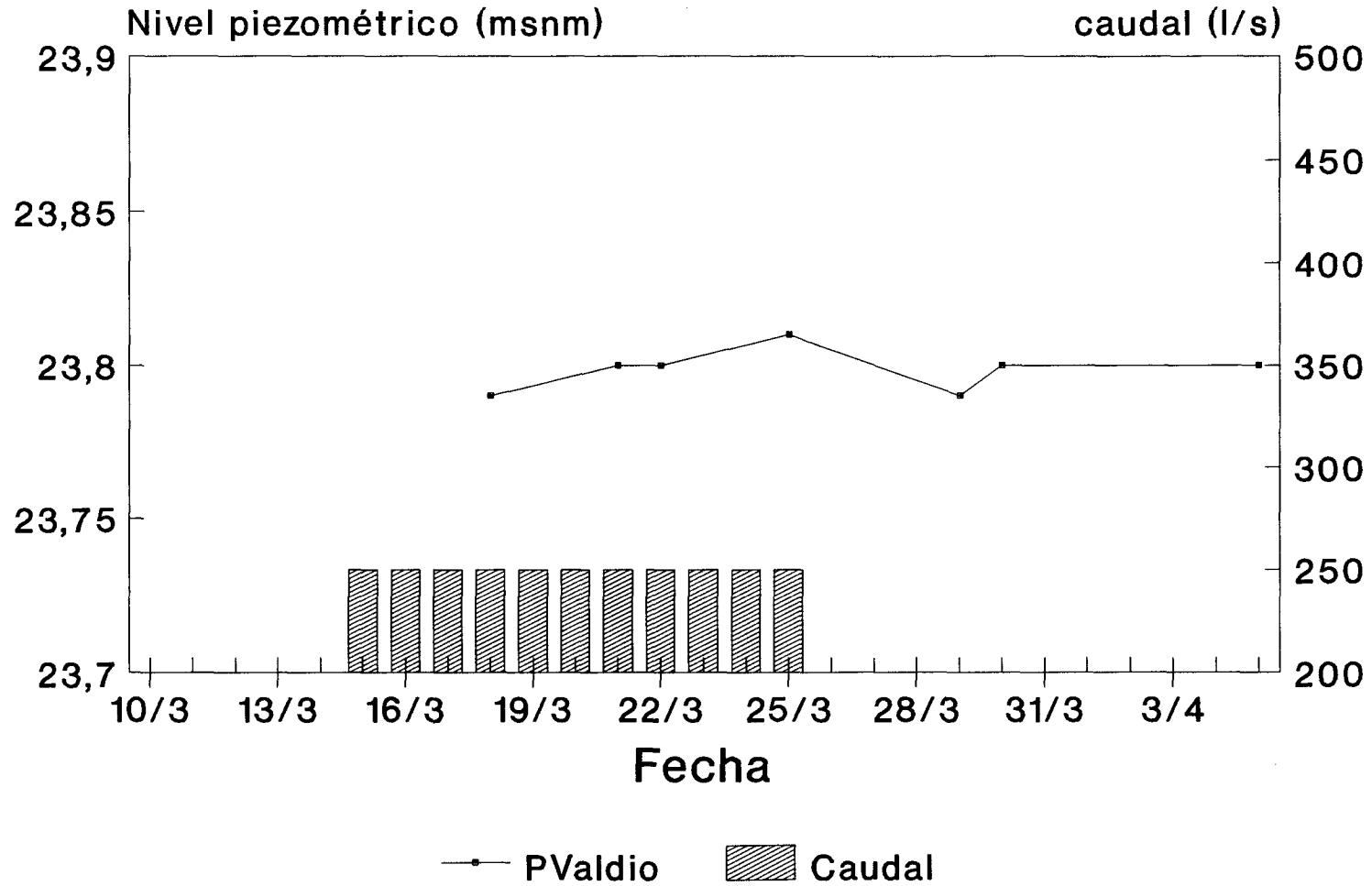




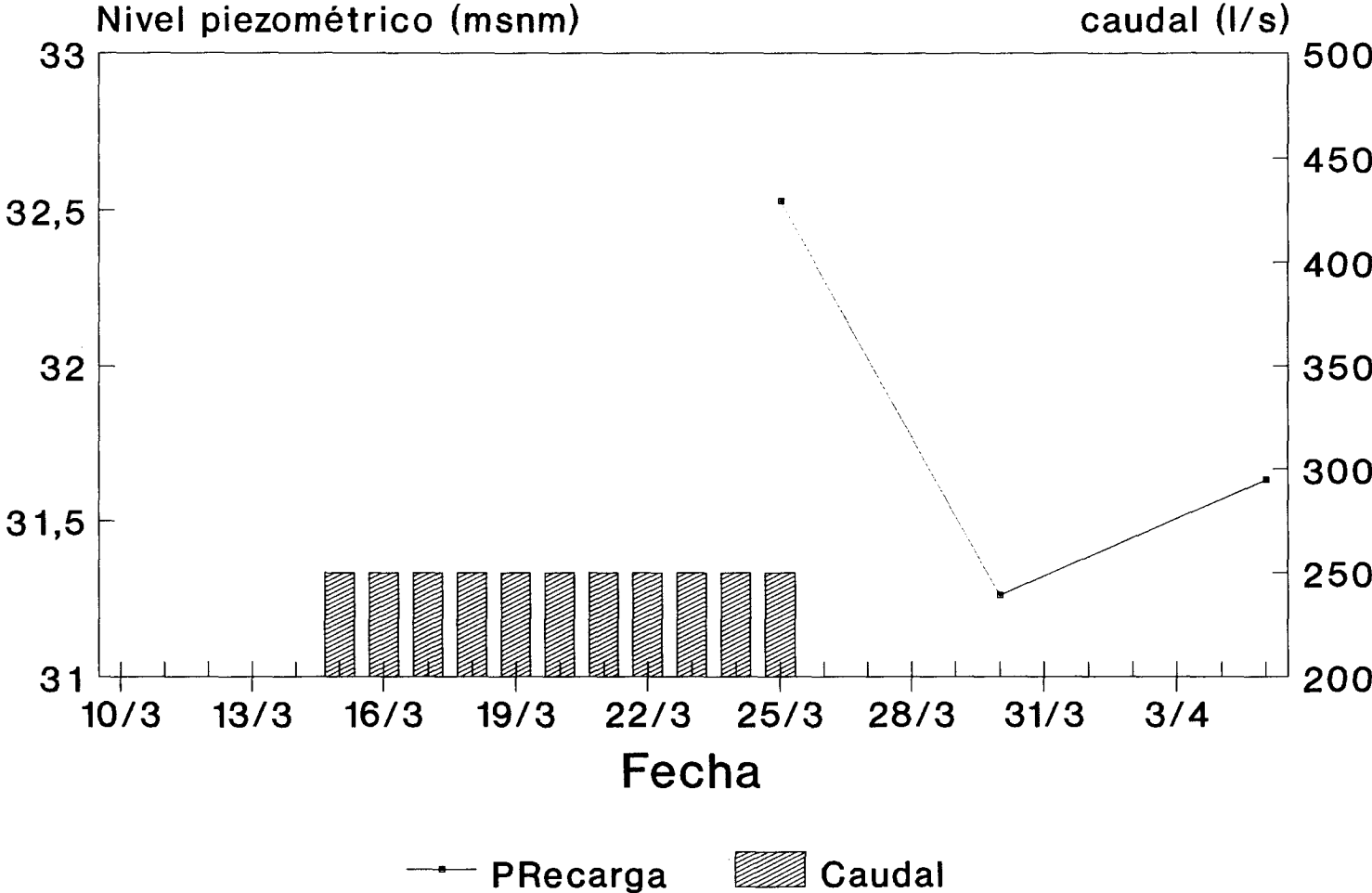
# Recarga de Guadajoz



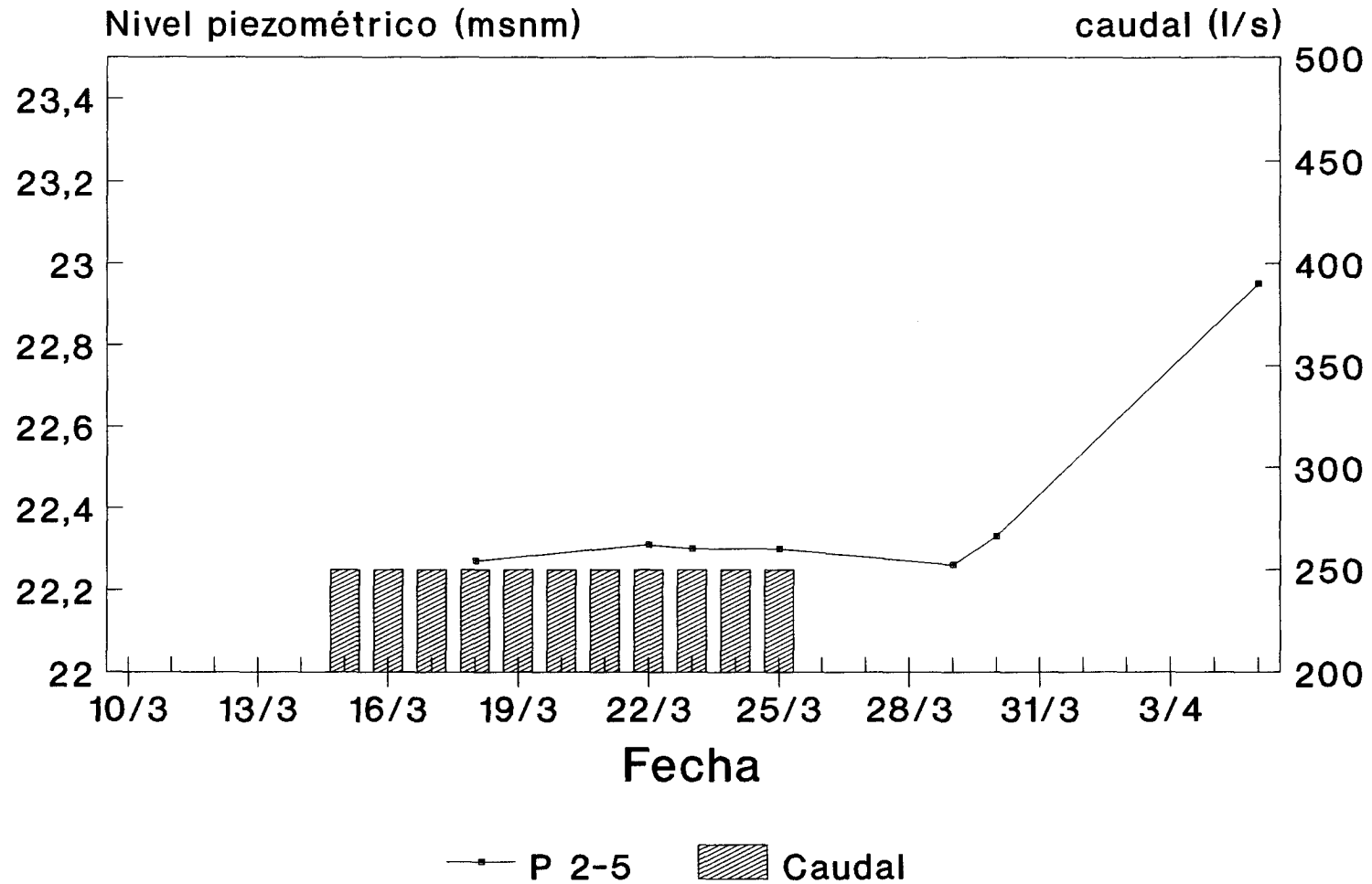
# Recarga de Guadajoz



# Recarga de Guadajoz



# Recarga de Guadajoz



**A N E X O   I I**

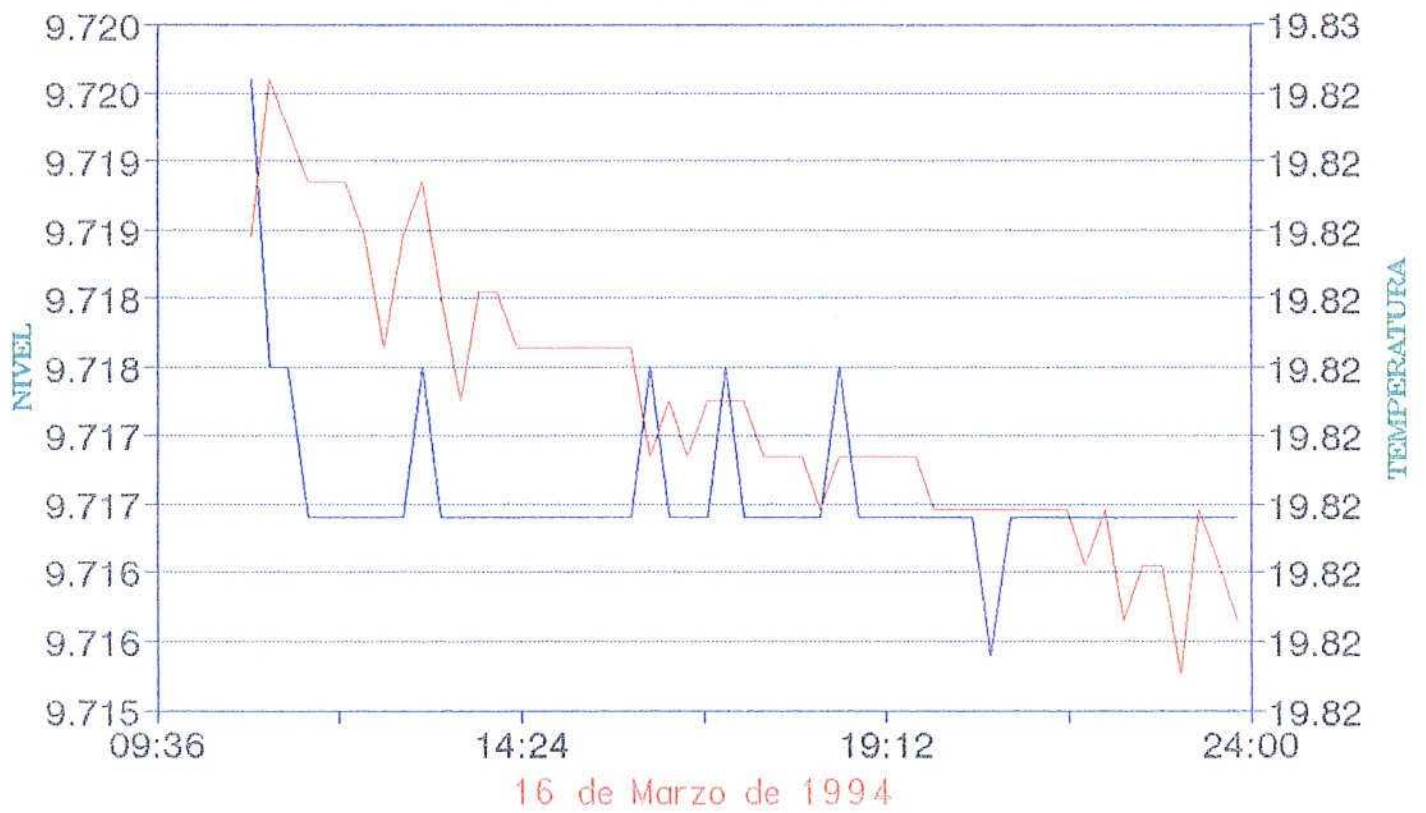
**REGISTRO CONTINUO DEL PIEZOMETRO P-F**

I.T.G.E.  
RECARGA EN EL ALUVIAL (Piezómetro F)



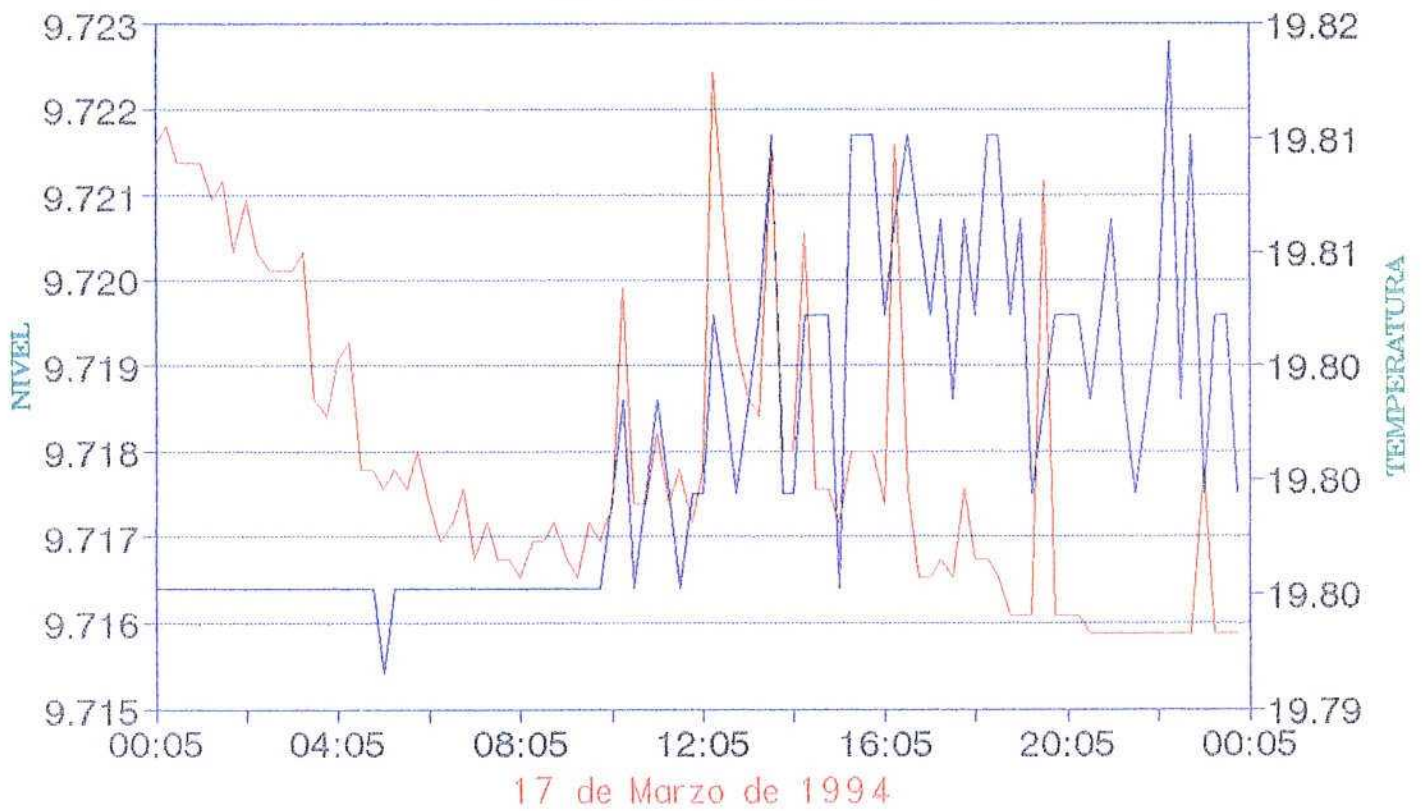
— NIVEL      — TEMPERATURA

I.T.G.E.  
RECARGA EN EL ALUVIAL



— NIVEL      — TEMPERATURA

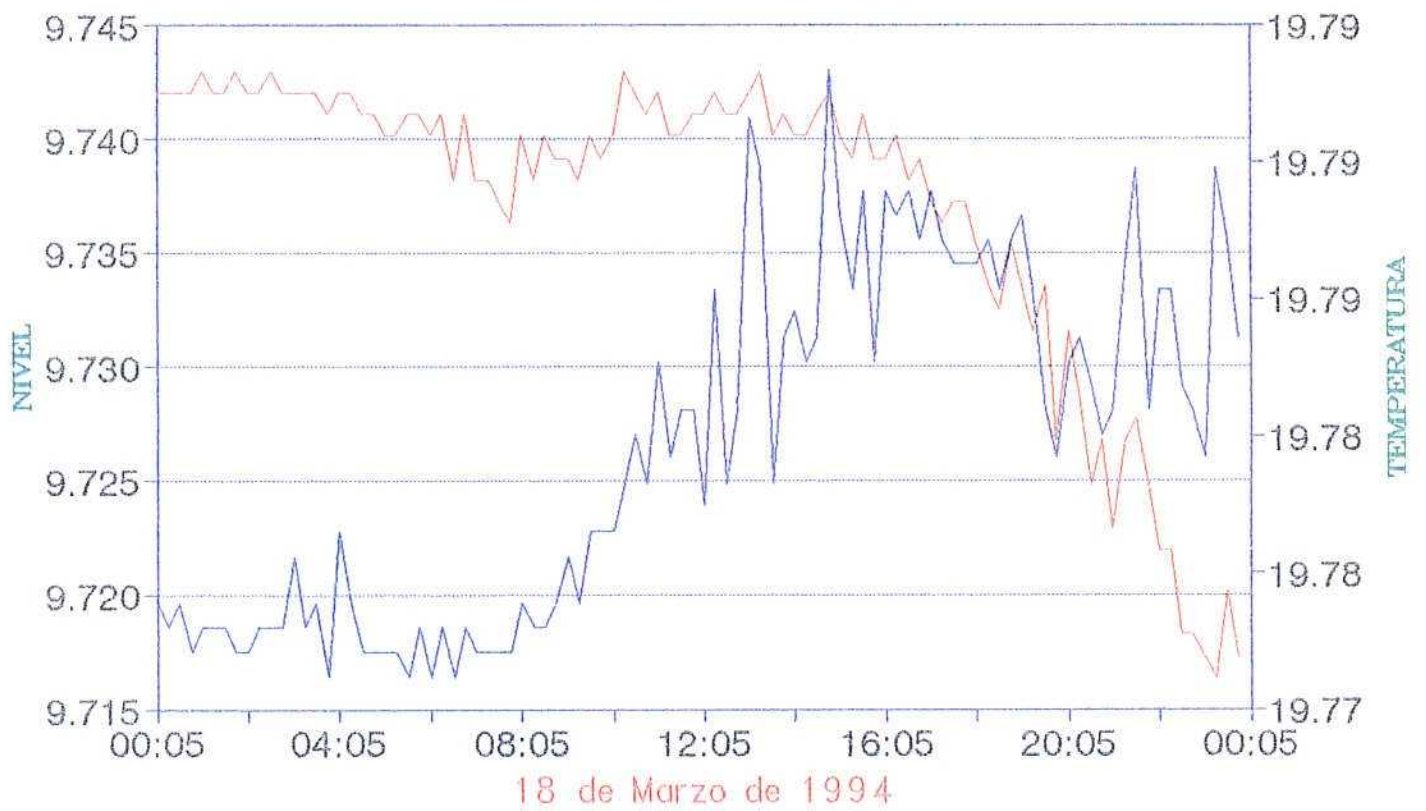
I.T.G.E.  
RECARGA EN EL ALUVIAL



— NIVEL      — TEMPERATURA

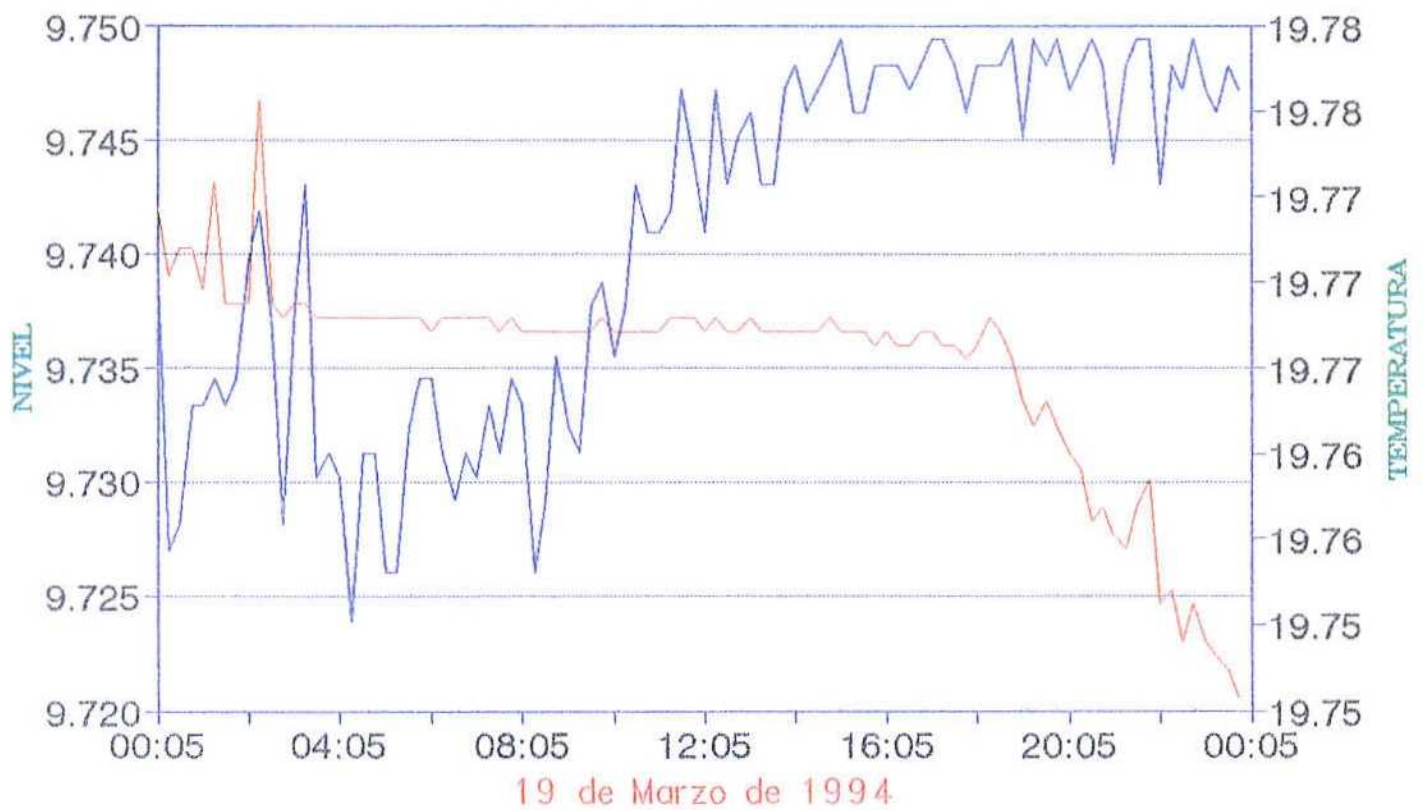


I.T.G.B.  
RECARGA EN EL ALUVIAL



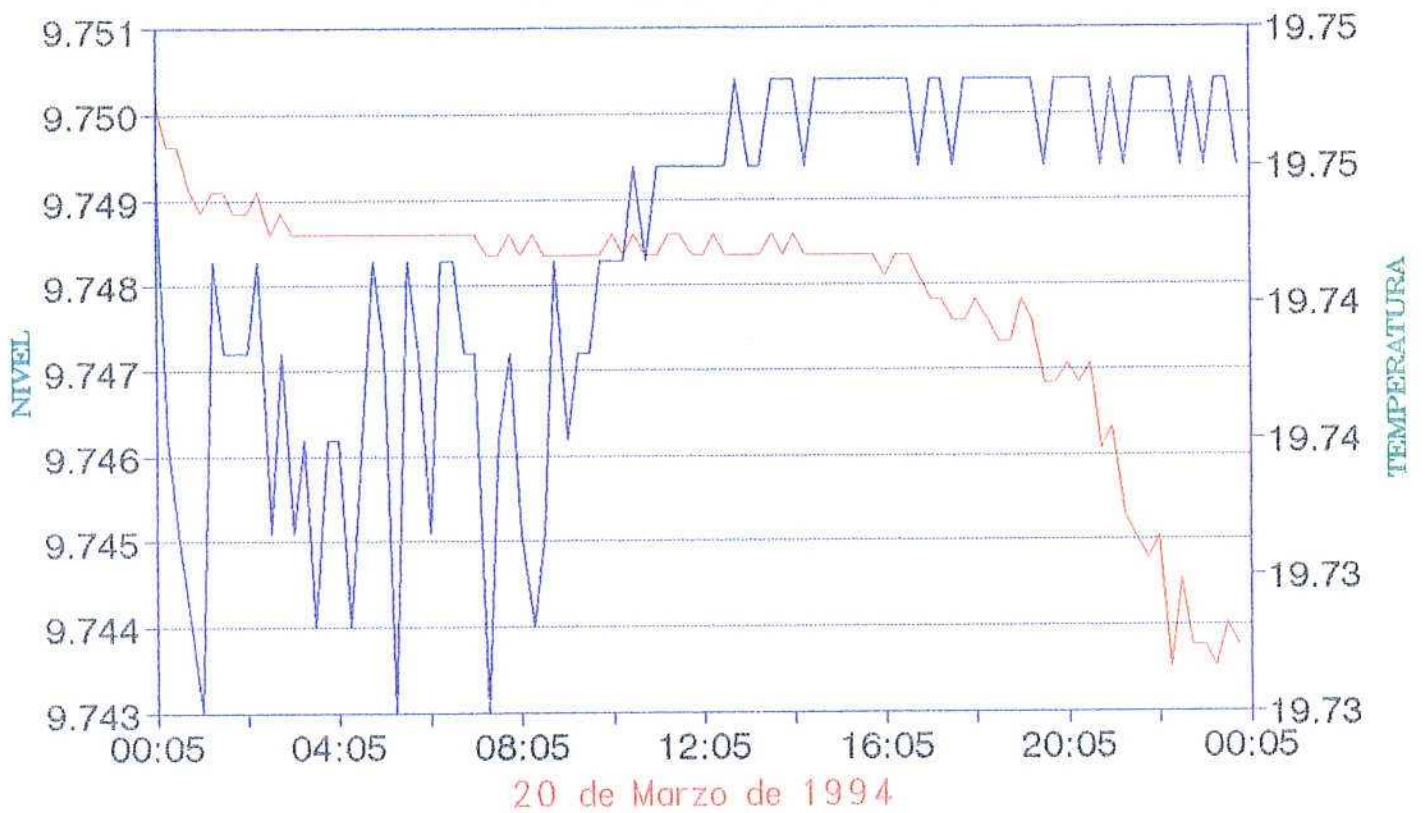
— NIVEL      — TEMPERATURA

I.T.G.B.  
RECARGA EN EL ALUVIAL



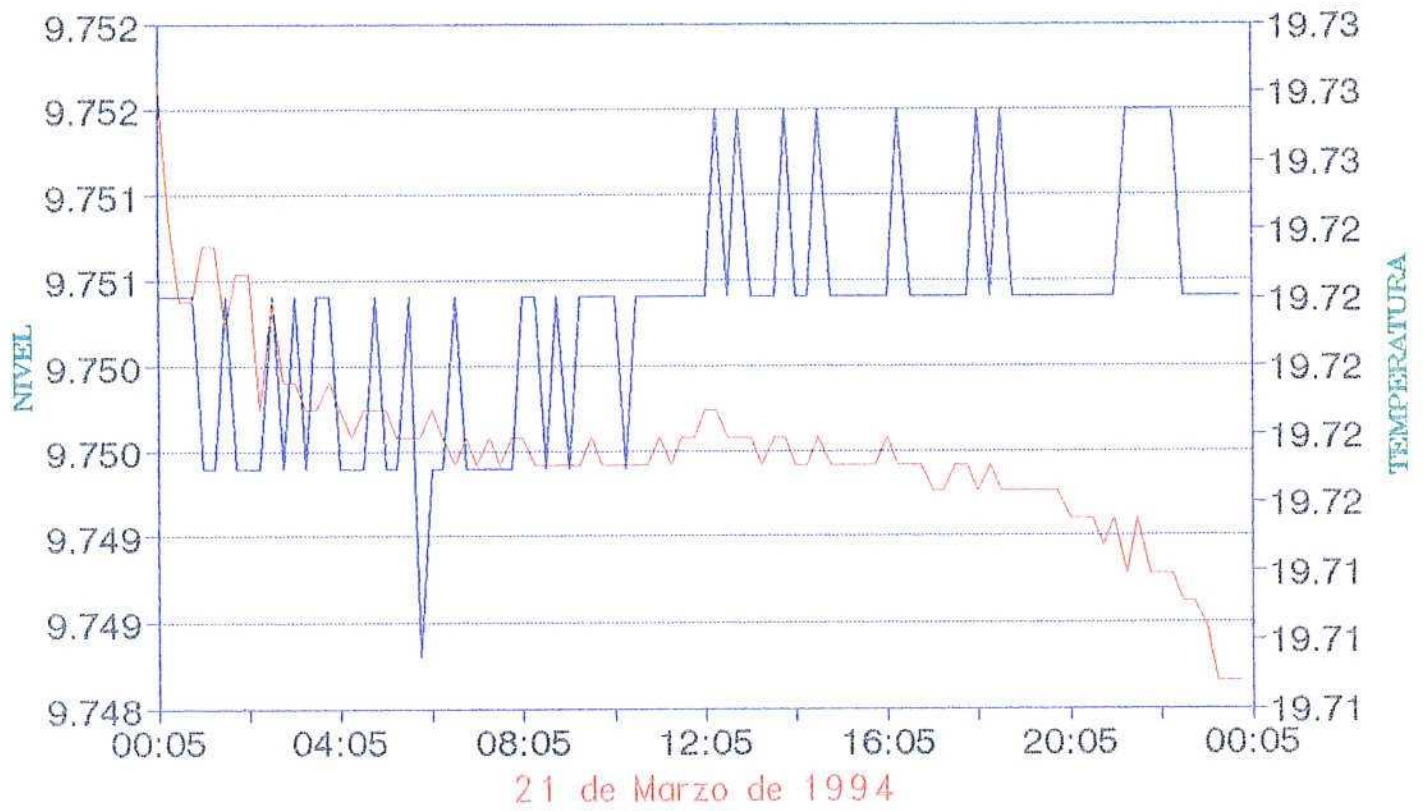
— NIVEL      — TEMPERATURA

I.T.G.E.  
RECARGA EN EL ALUVIAL



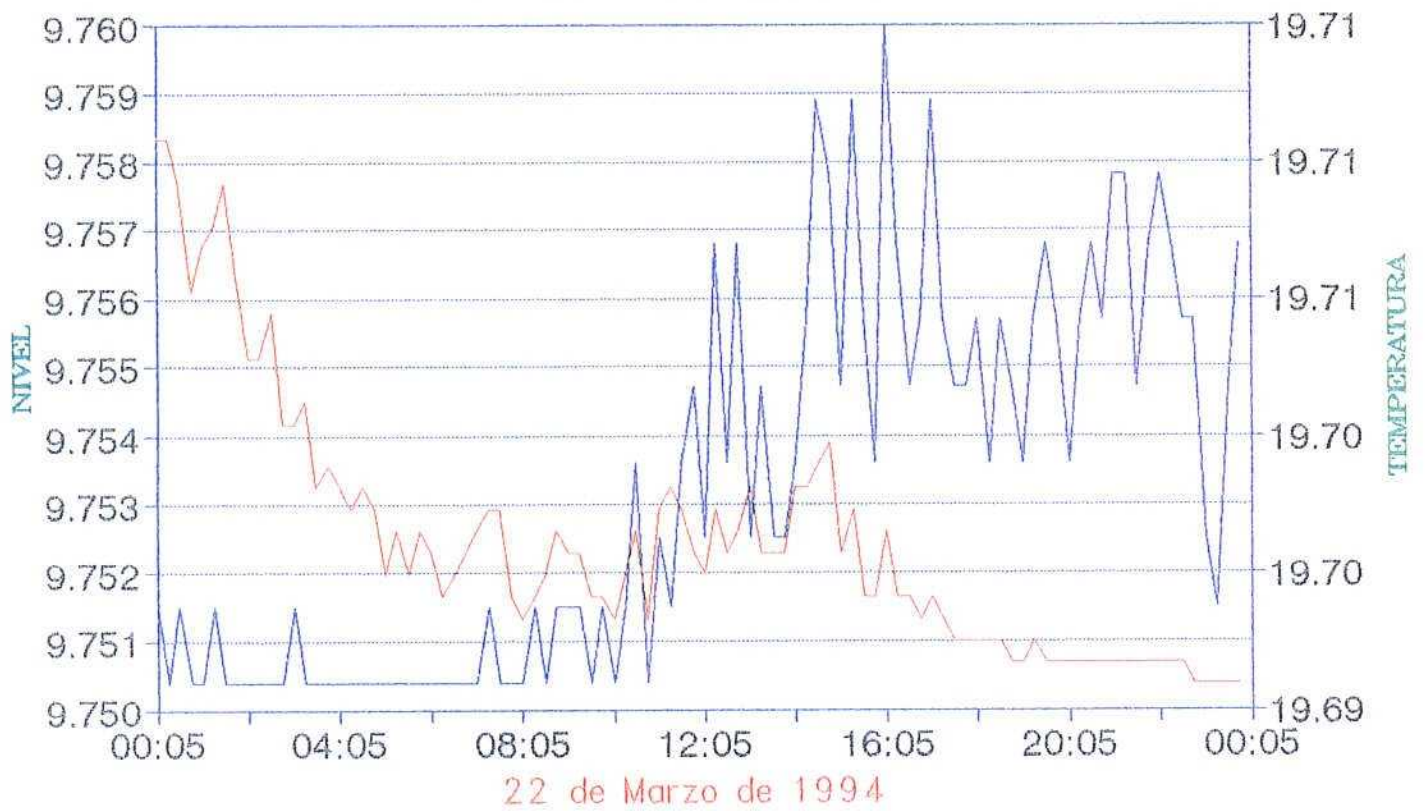
— NIVEL      — TEMPERATURA

I.T.G.E.  
RECARGA EN EL ALUVIAL



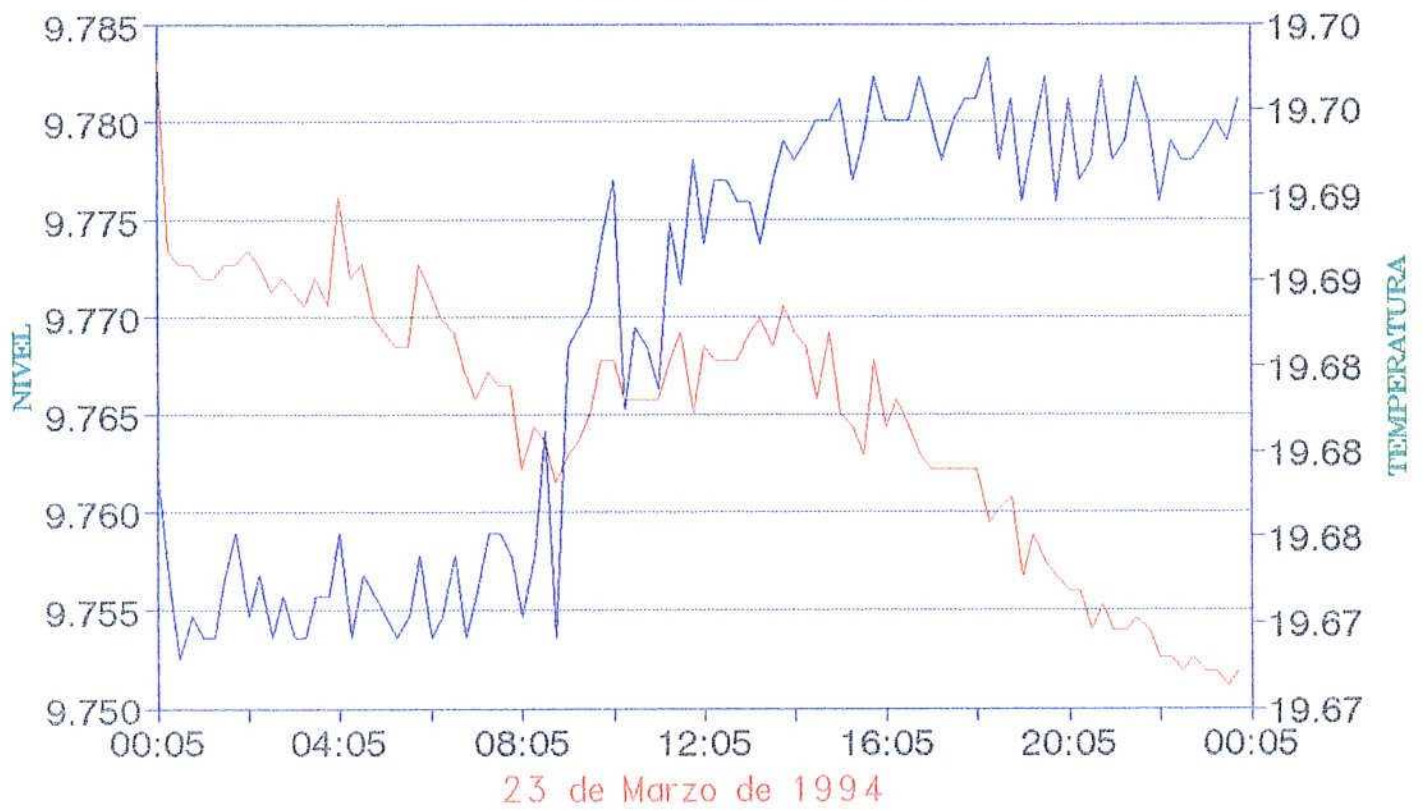
— NIVEL      — TEMPERATURA

I.T.G.E.  
RECARGA EN EL ALUVIAL



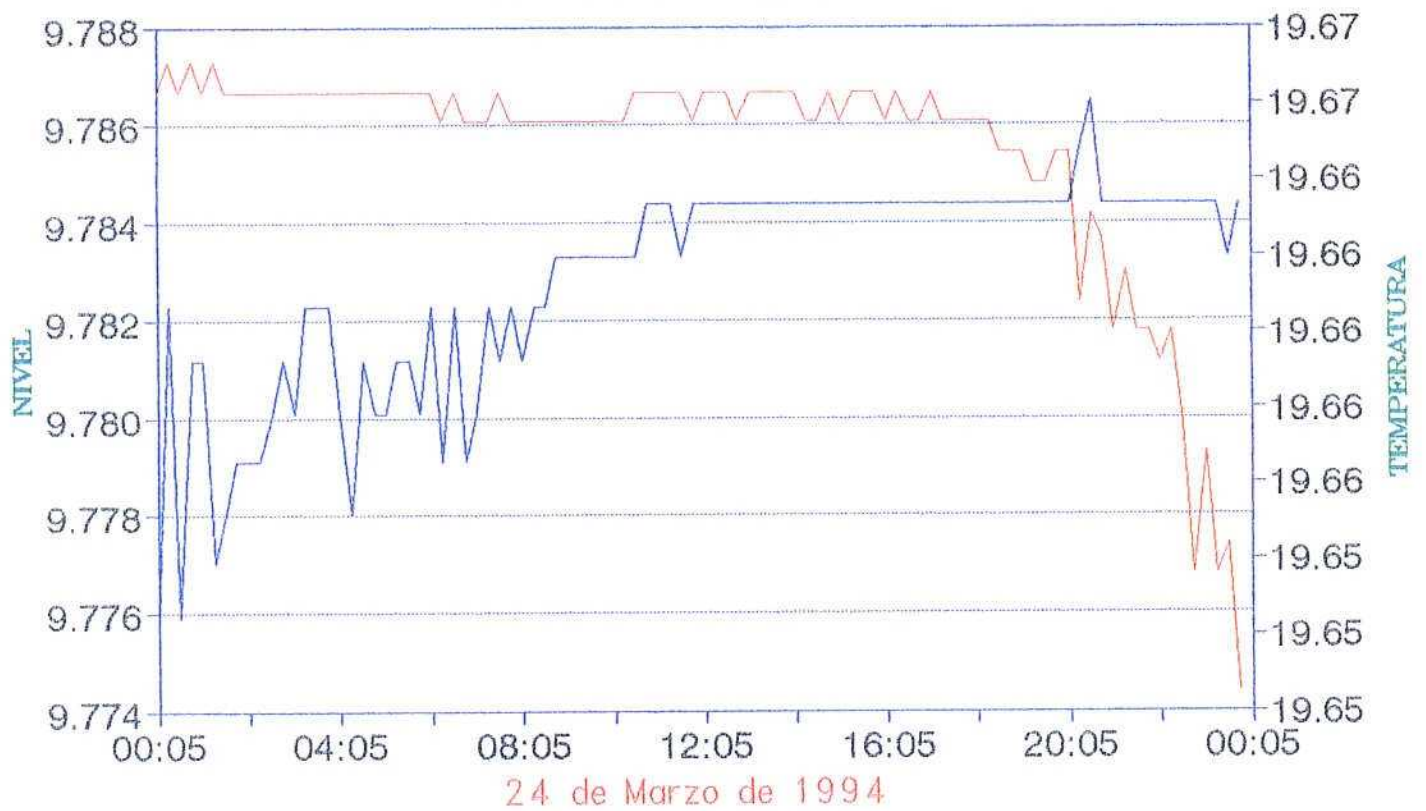
— NIVEL      — TEMPERATURA

I.T.G.E.  
RECARGA EN EL ALUVIAL



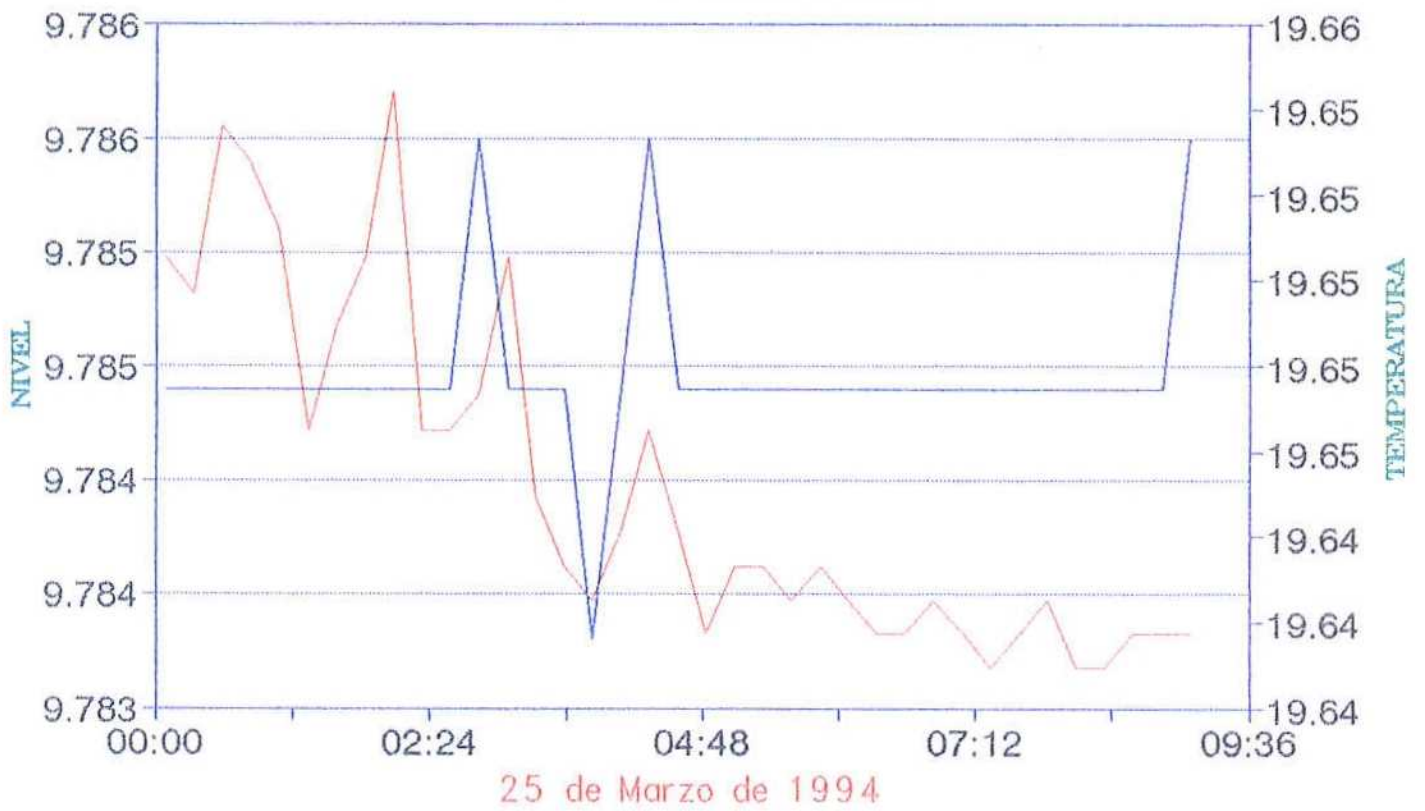
— NIVEL      — TEMPERATURA

I.T.G.E.  
RECARGA EN EL ALUVIAL



— NIVEL      — TEMPERATURA

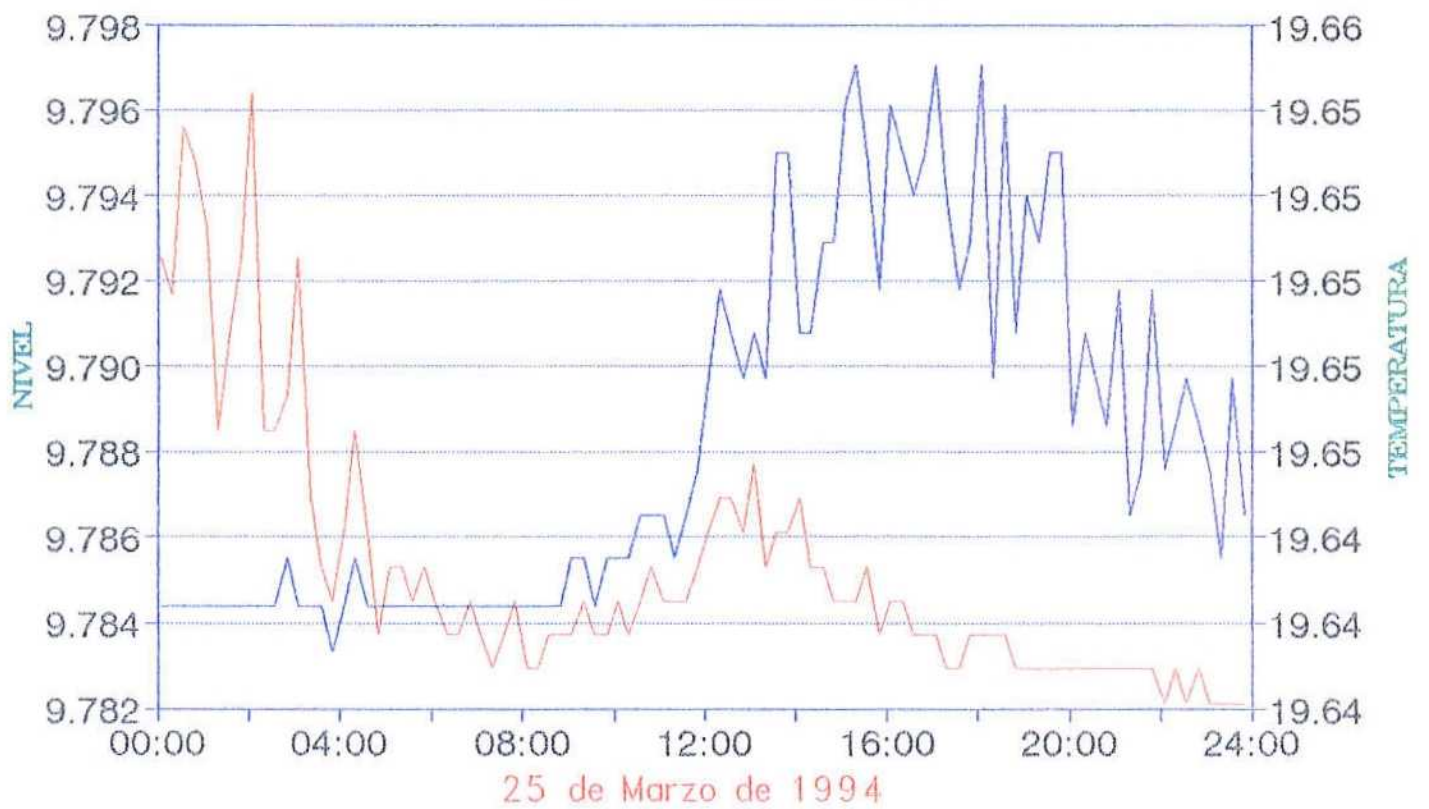
I.T.G.B.  
RECARGA EN EL ALUVIAL



— NIVEL      — TEMPERATURA

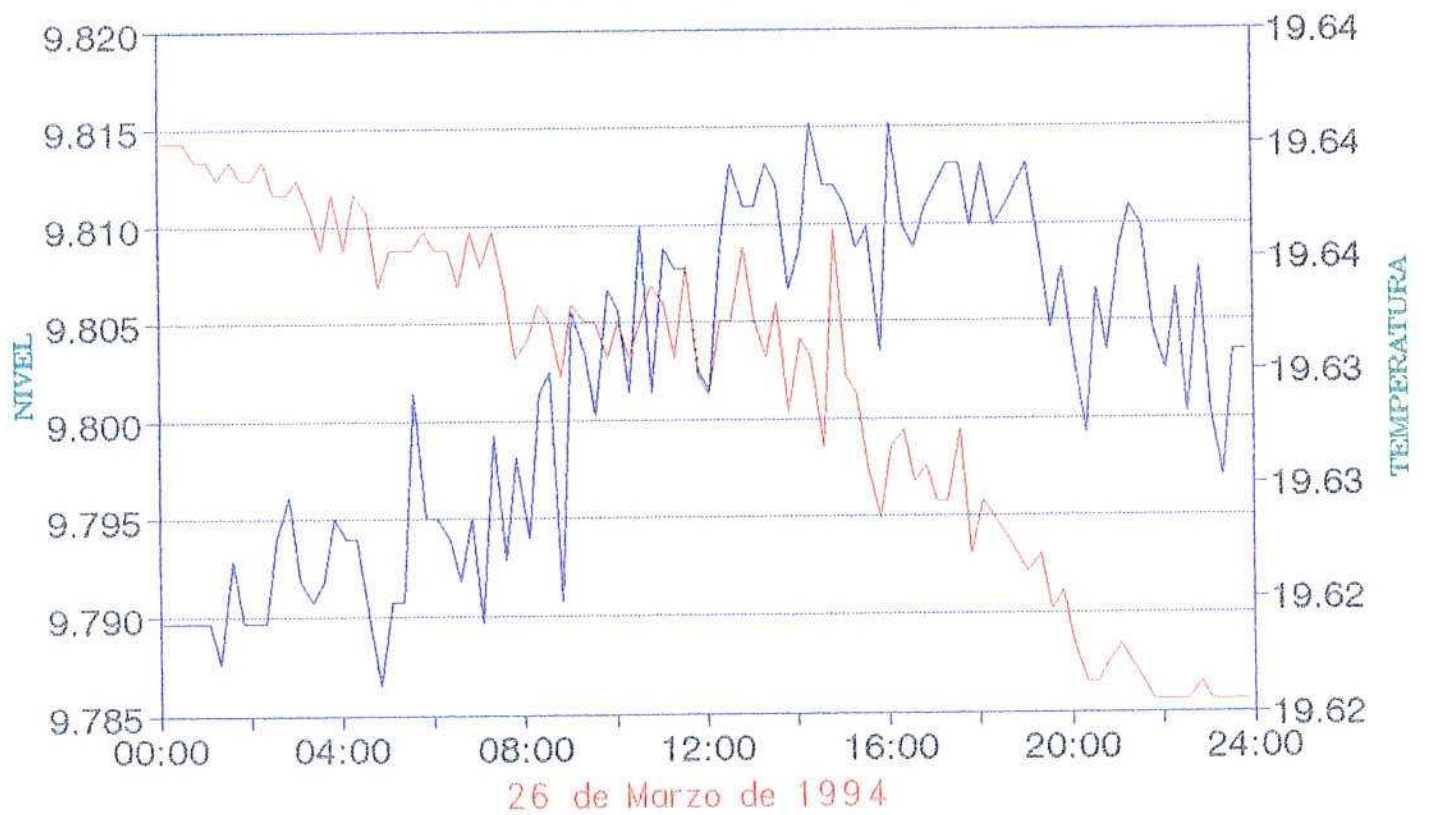


I.T.G.M.  
RECARGA EN EL ALUVIAL



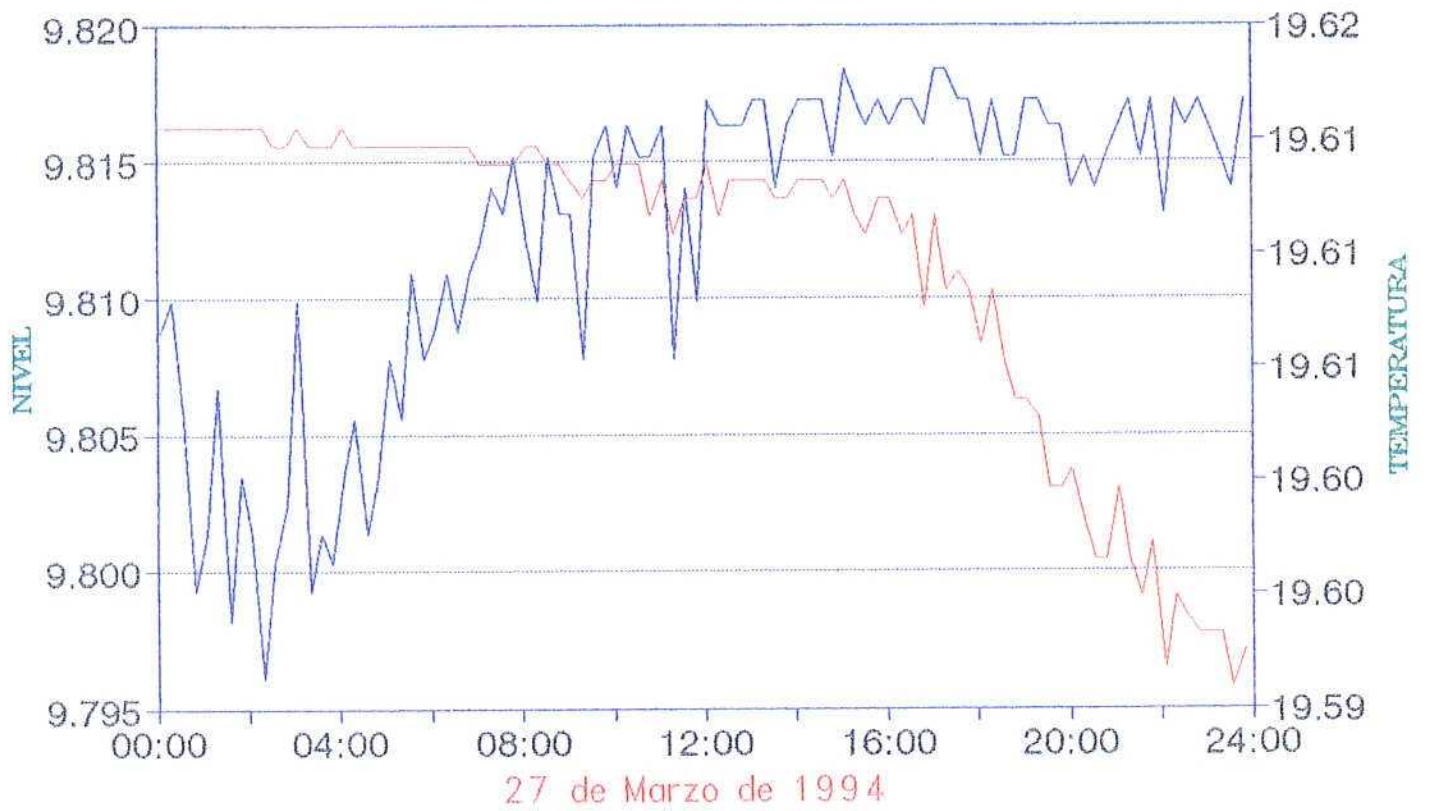
— NIVEL      — TEMPERATURA

I.T.G.B.  
RECARGA EN EL ALUVIAL



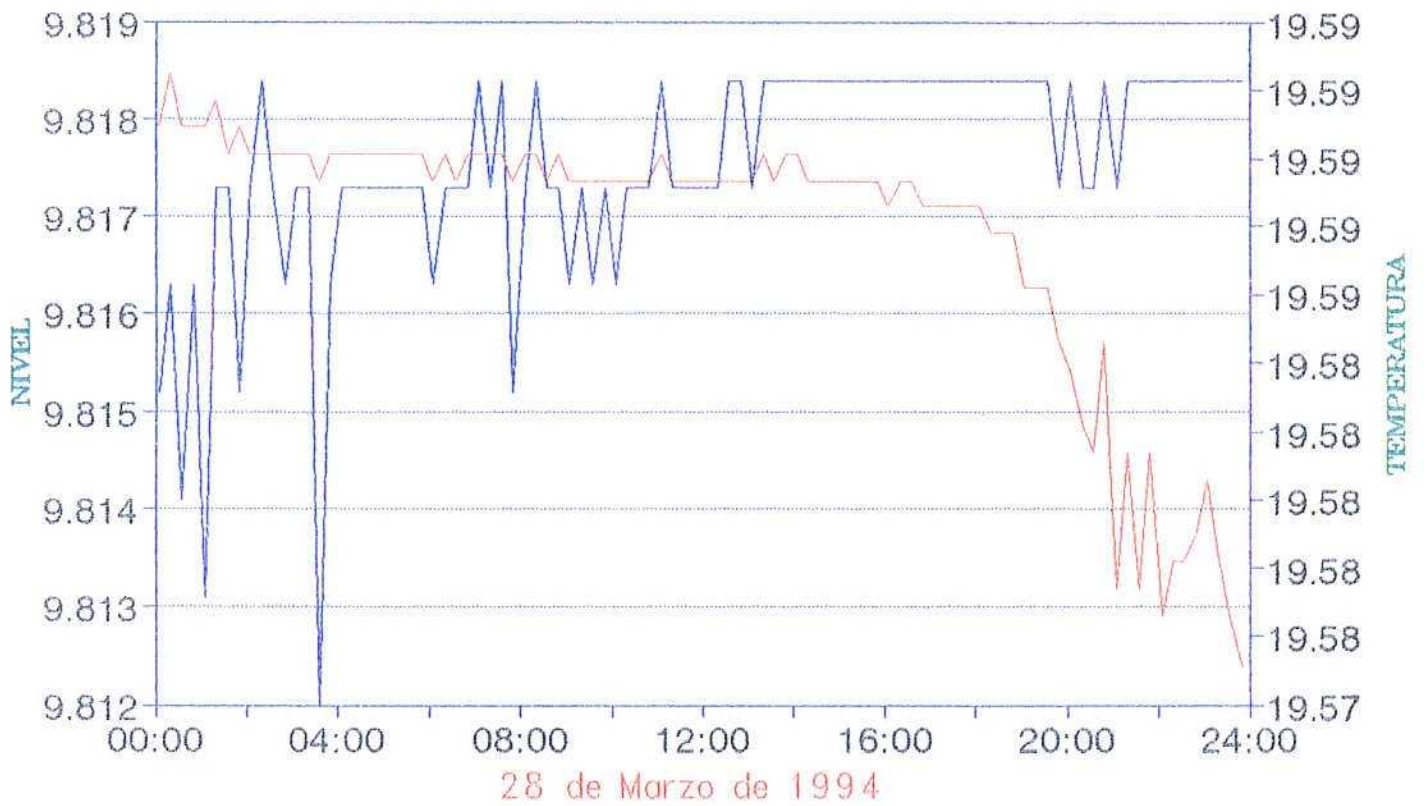
— NIVEL      — TEMPERATURA

I.T.G.N.  
RECARGA EN EL ALUVIAL



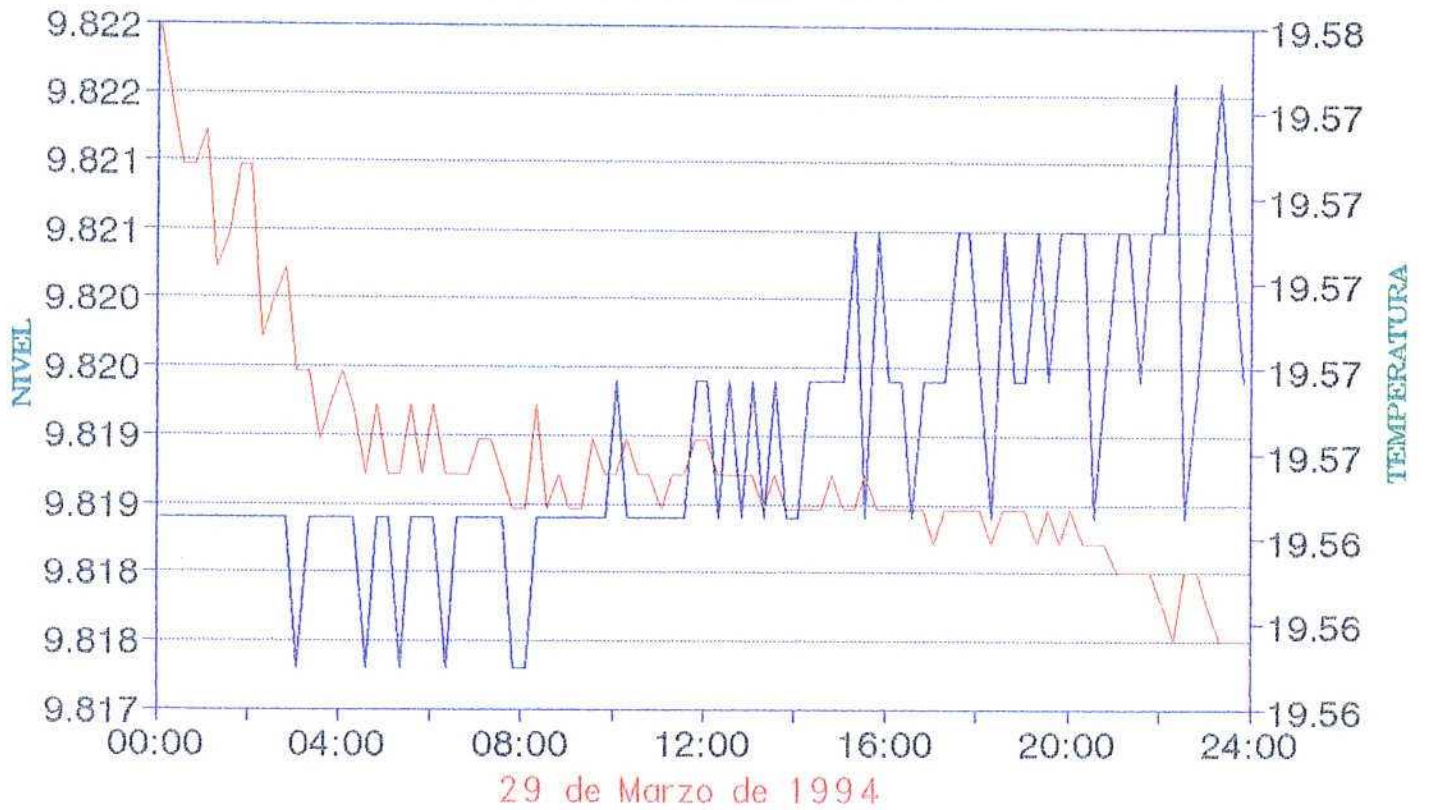
— NIVEL      — TEMPERATURA

I.T.G.E.  
RECARGA EN EL ALUVIAL



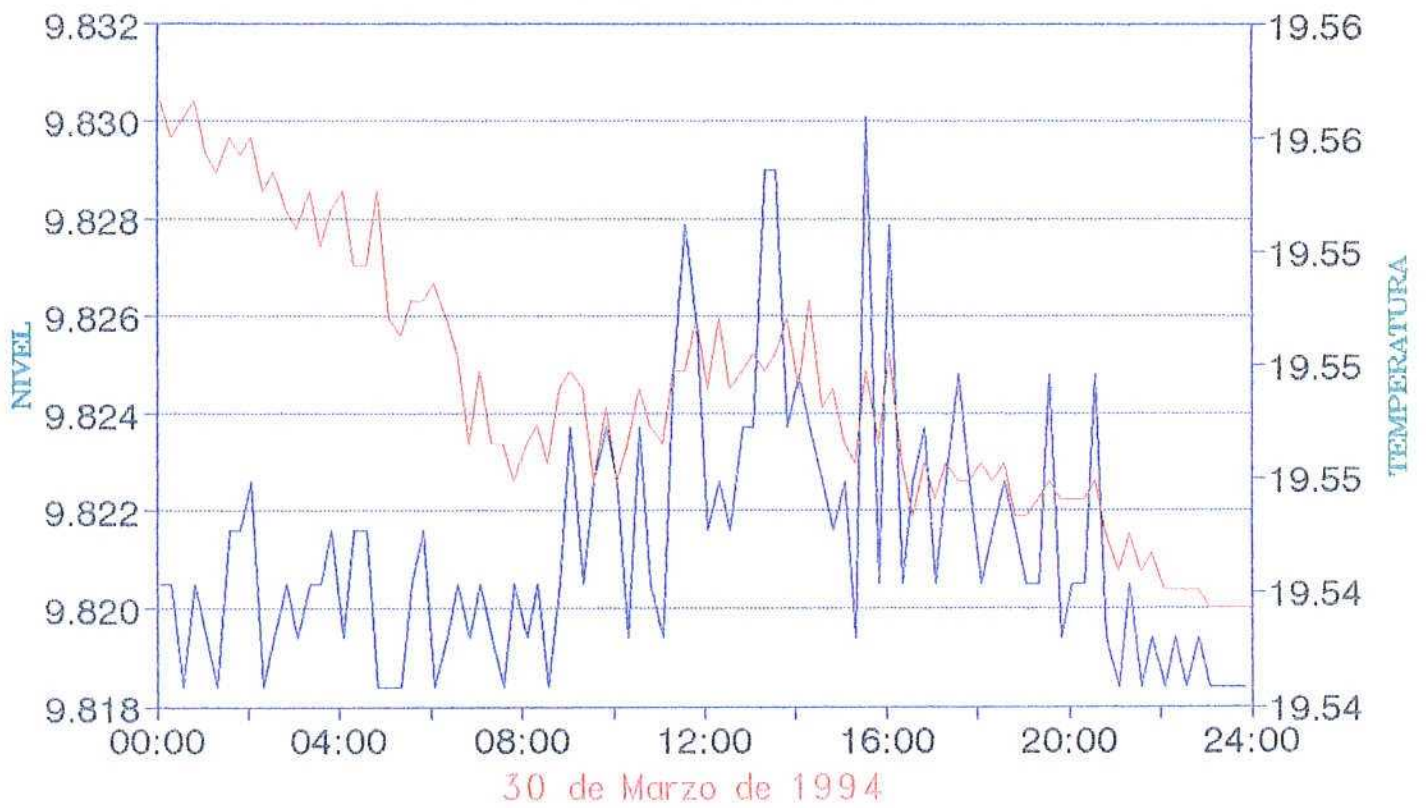
— NIVEL      — TEMPERATURA

I.T.G.B.  
RECARGA EN EL ALUVIAL



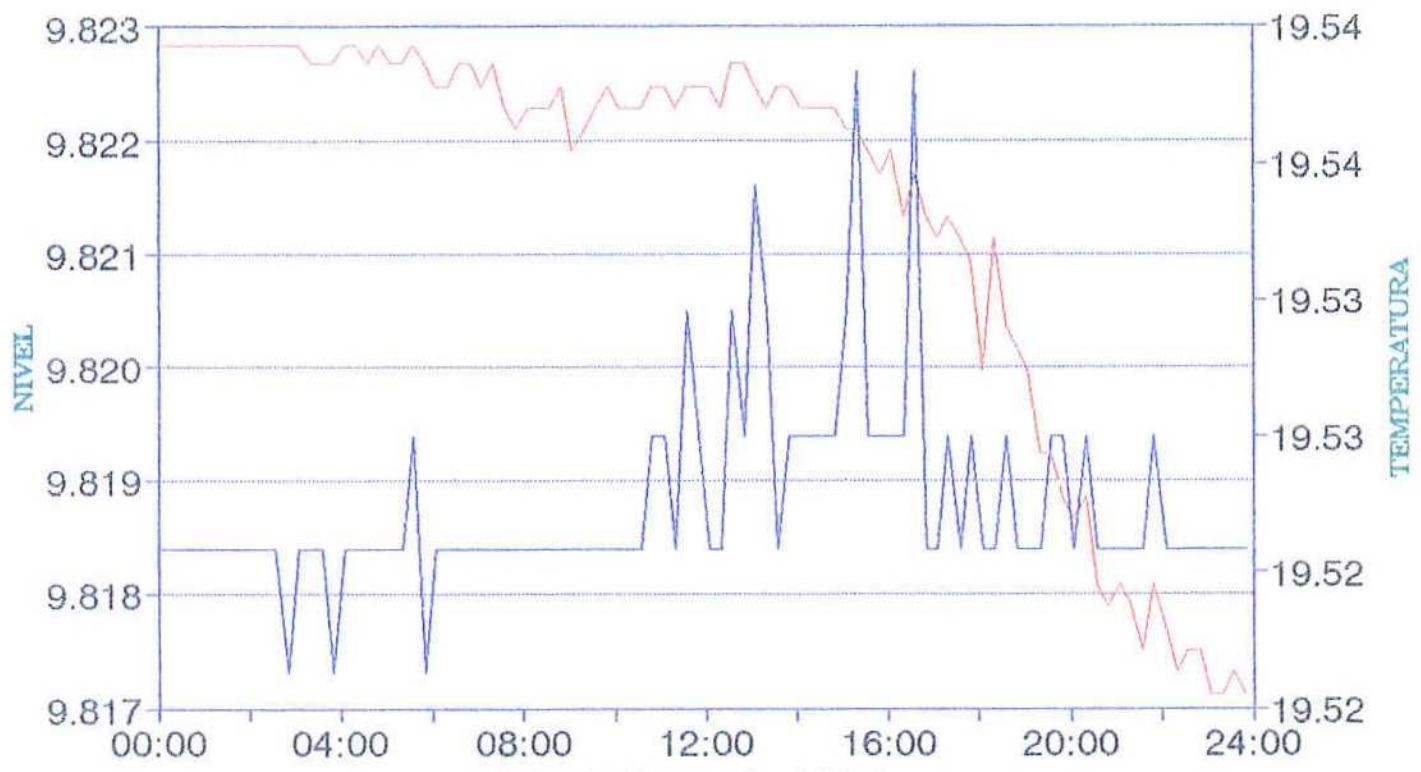
— NIVEL      — TEMPERATURA

I.T.G.E.  
RECARGA EN EL ALUVIAL



— NIVEL      — TEMPERATURA

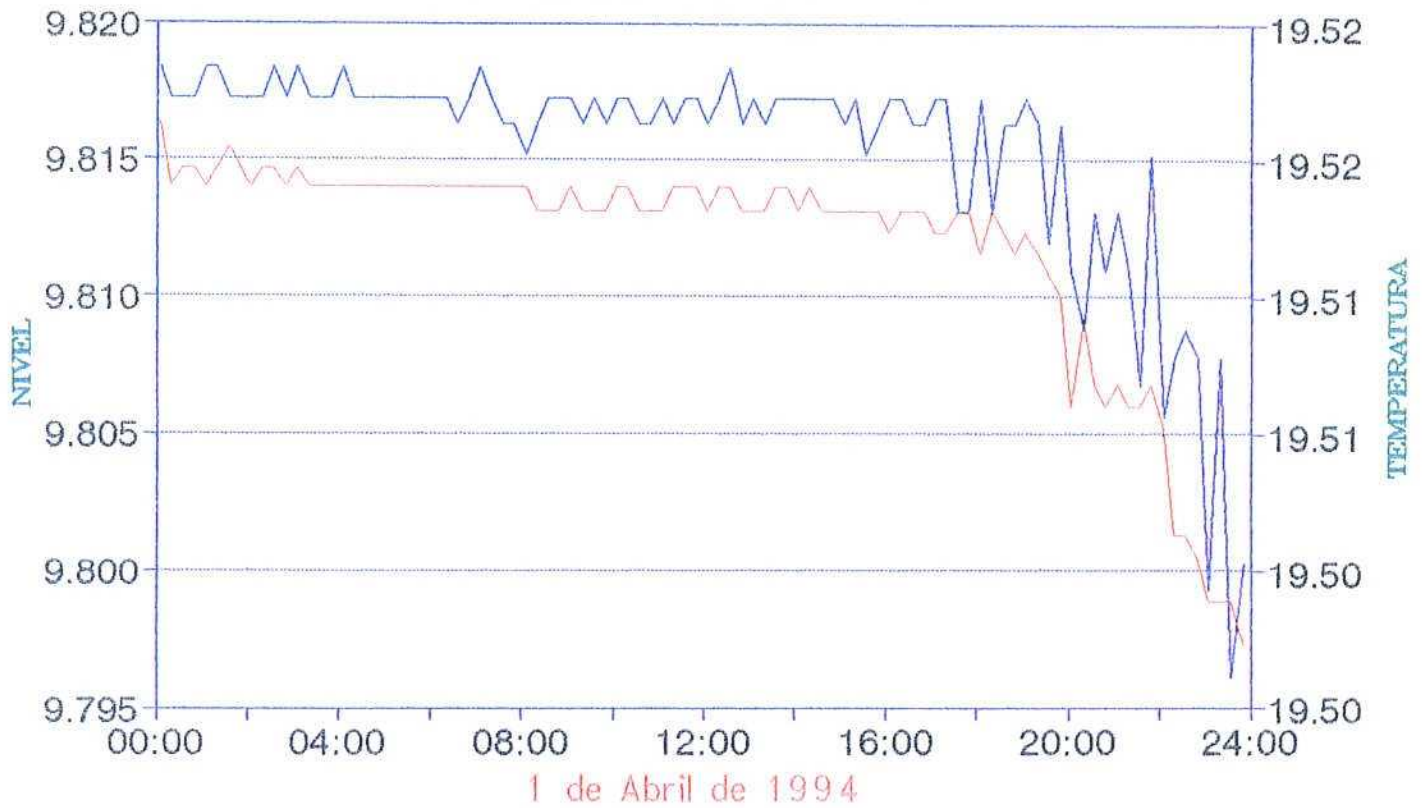
I.T.G.B.  
RECARGA EN EL ALUVIAL



31 de Marzo de 1994

— NIVEL      — TEMPERATURA

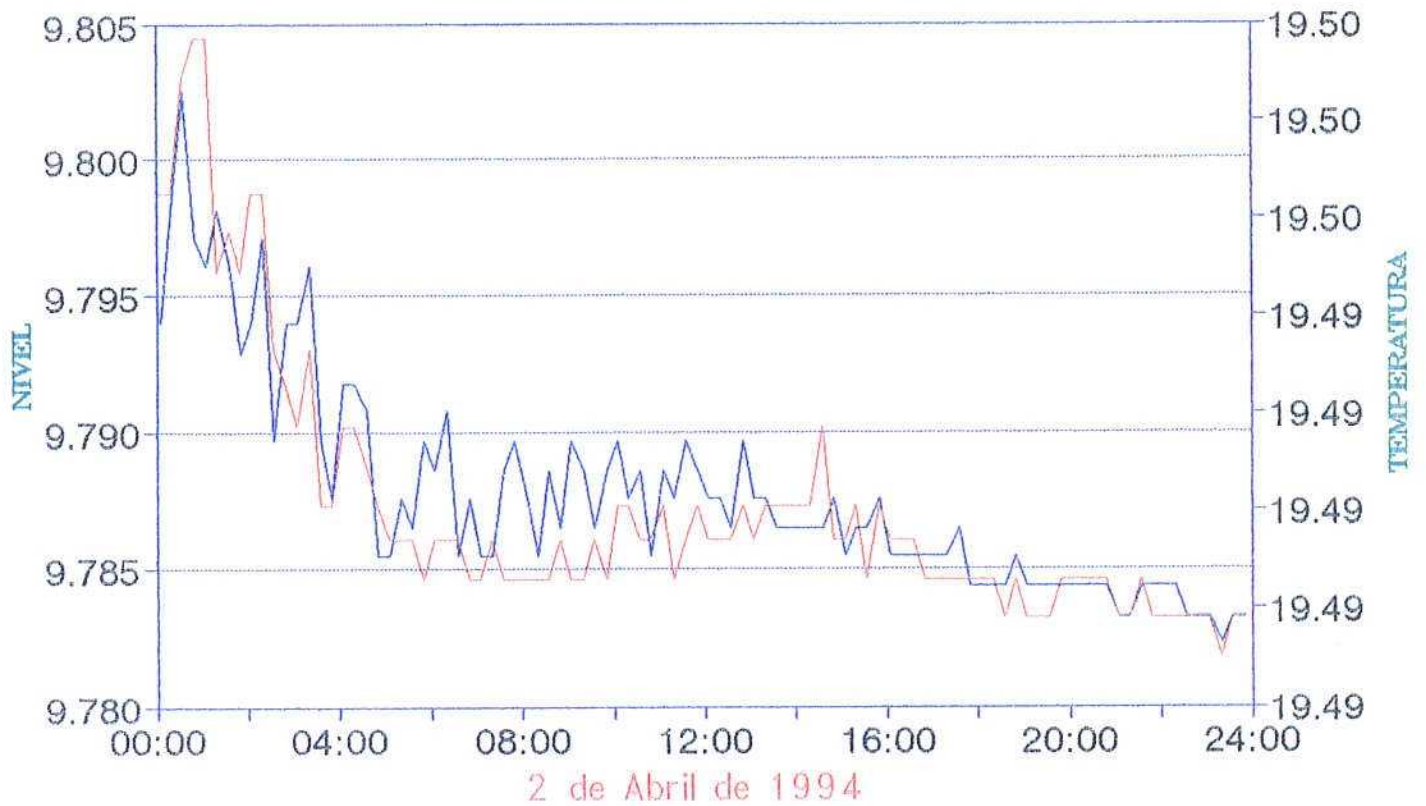
I.P.G.E.  
RECARGA EN EL ALUVIAL



— NIVEL      — TEMPERATURA

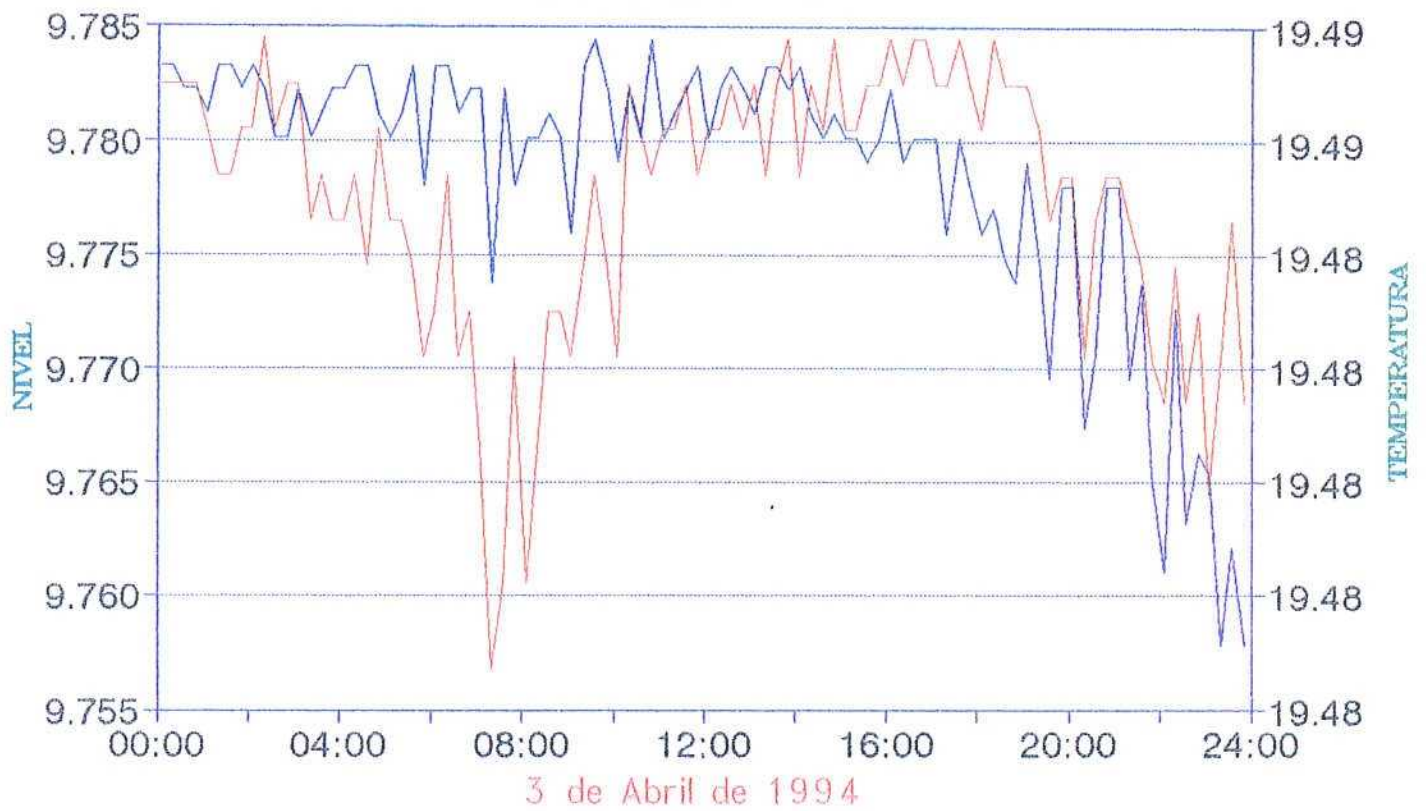


I.T.G.B.  
RECARGA EN EL ALUVIAL



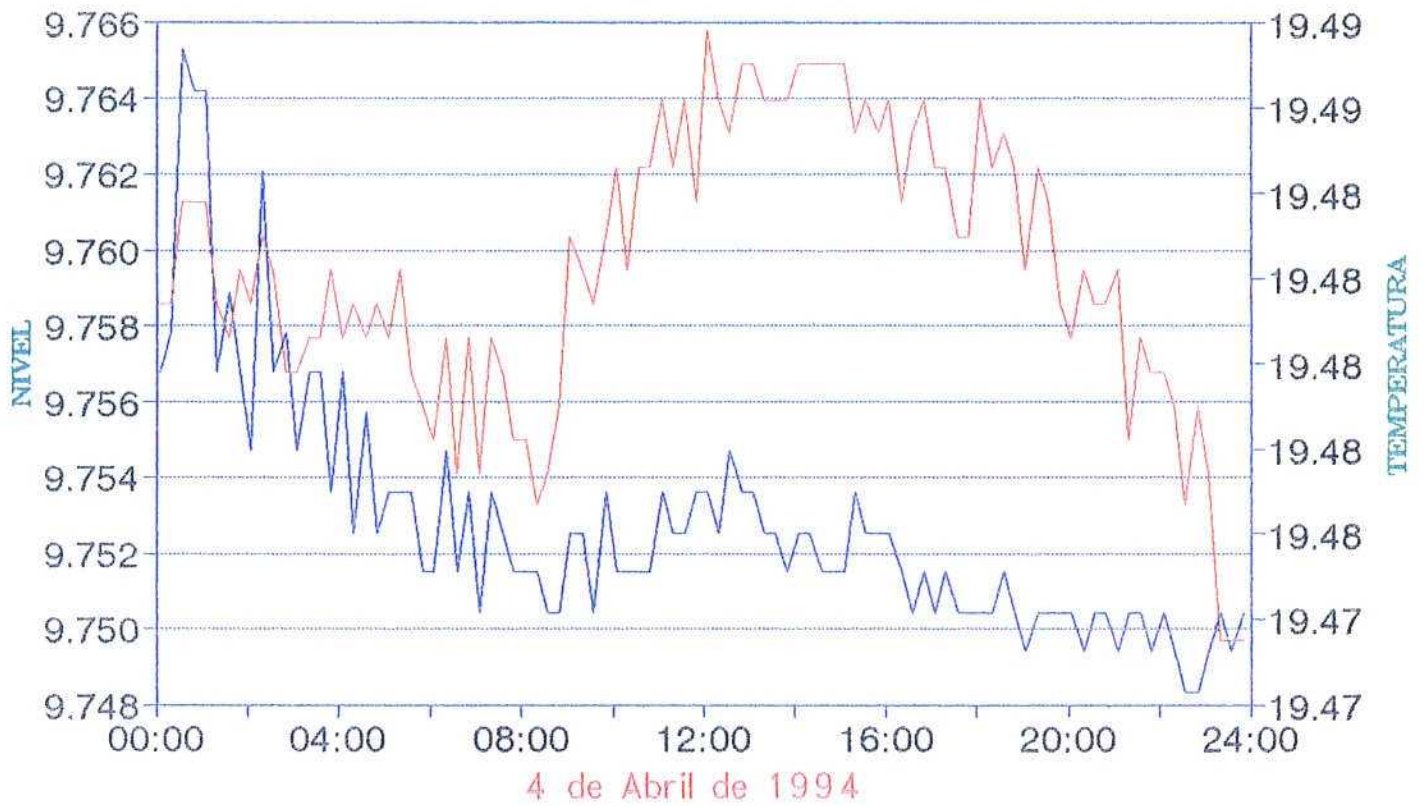
— NIVEL      — TEMPERATURA

I.T.G.B.  
RECARGA EN EL ALUVIAL



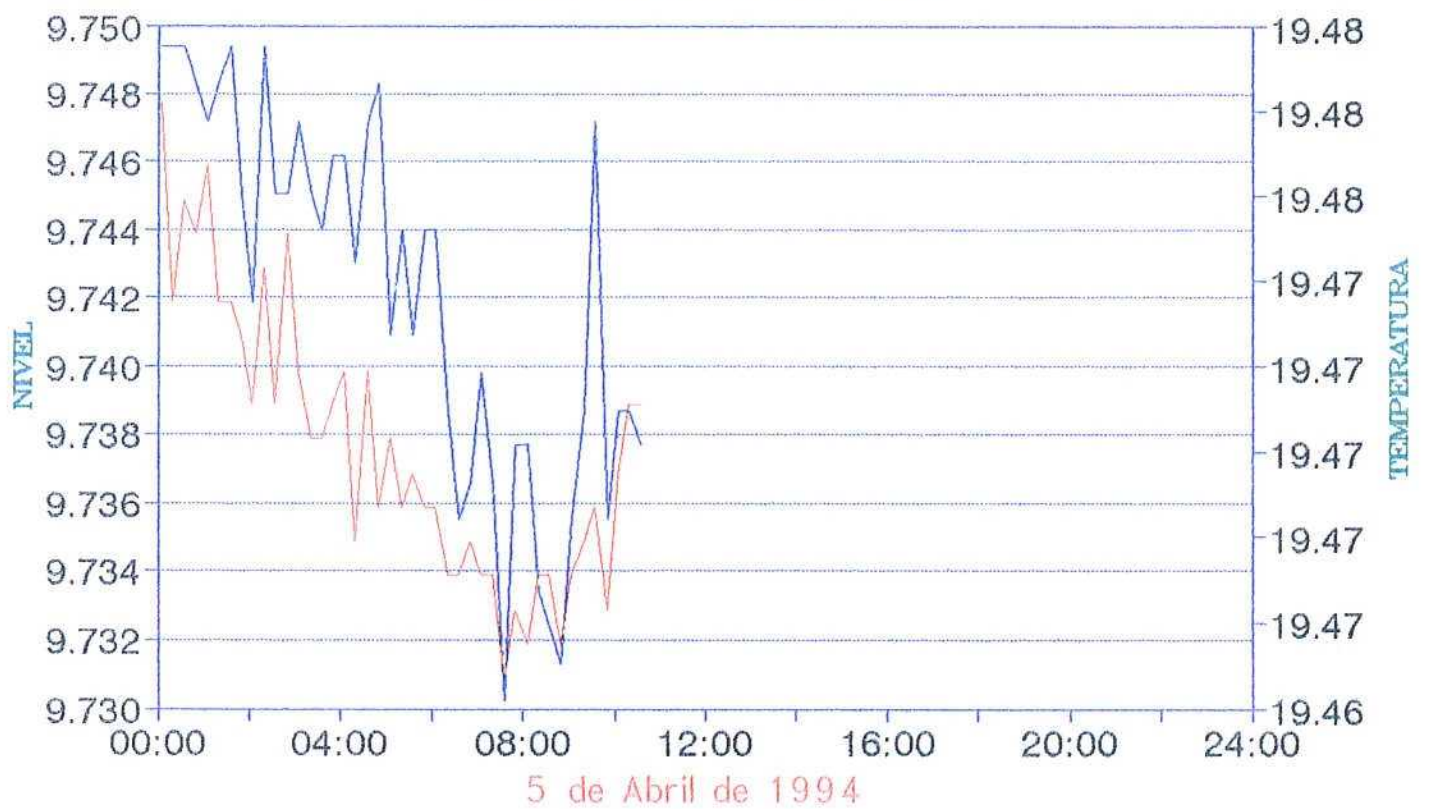
— NIVEL      — TEMPERATURA

I.T.G.E.  
RECARGA EN EL ALUVIAL



— NIVEL      — TEMPERATURA

I.T.G.B.  
RECARGA EN EL ALUVIAL

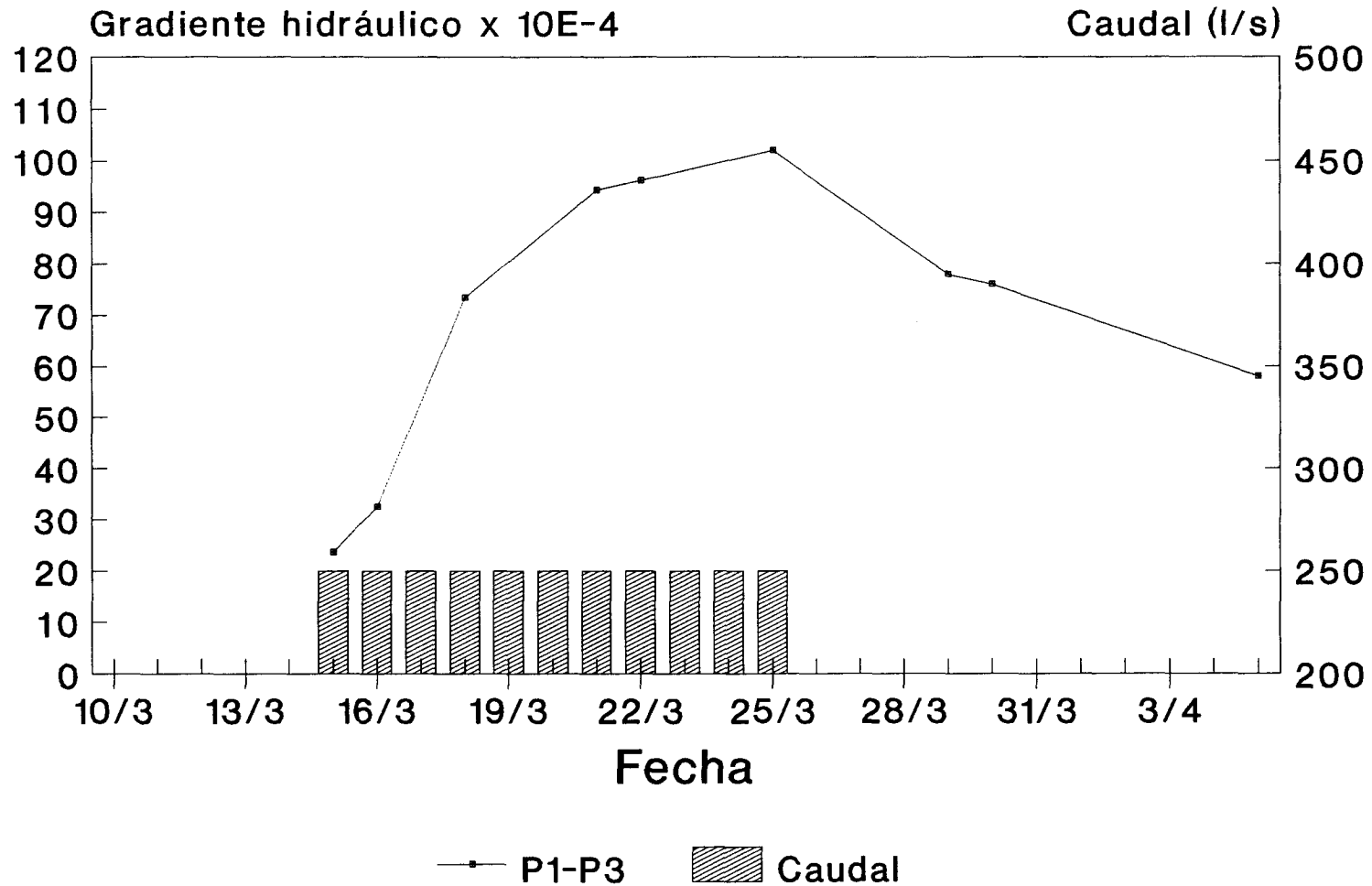


— NIVEL      — TEMPERATURA

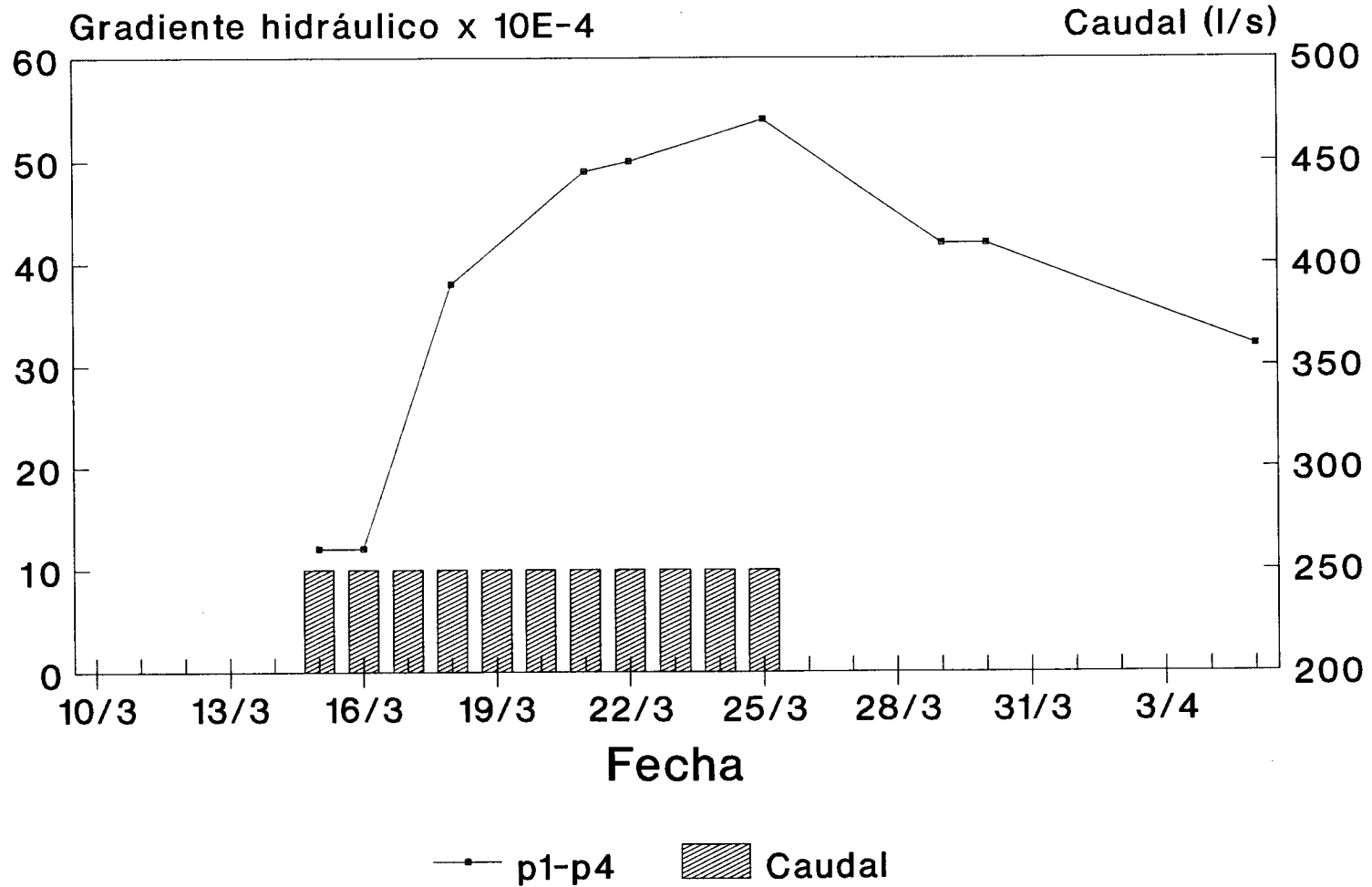
**ANEXO III**

**GRAFICOS DE EVOLUCION DEL GRADIENTE**

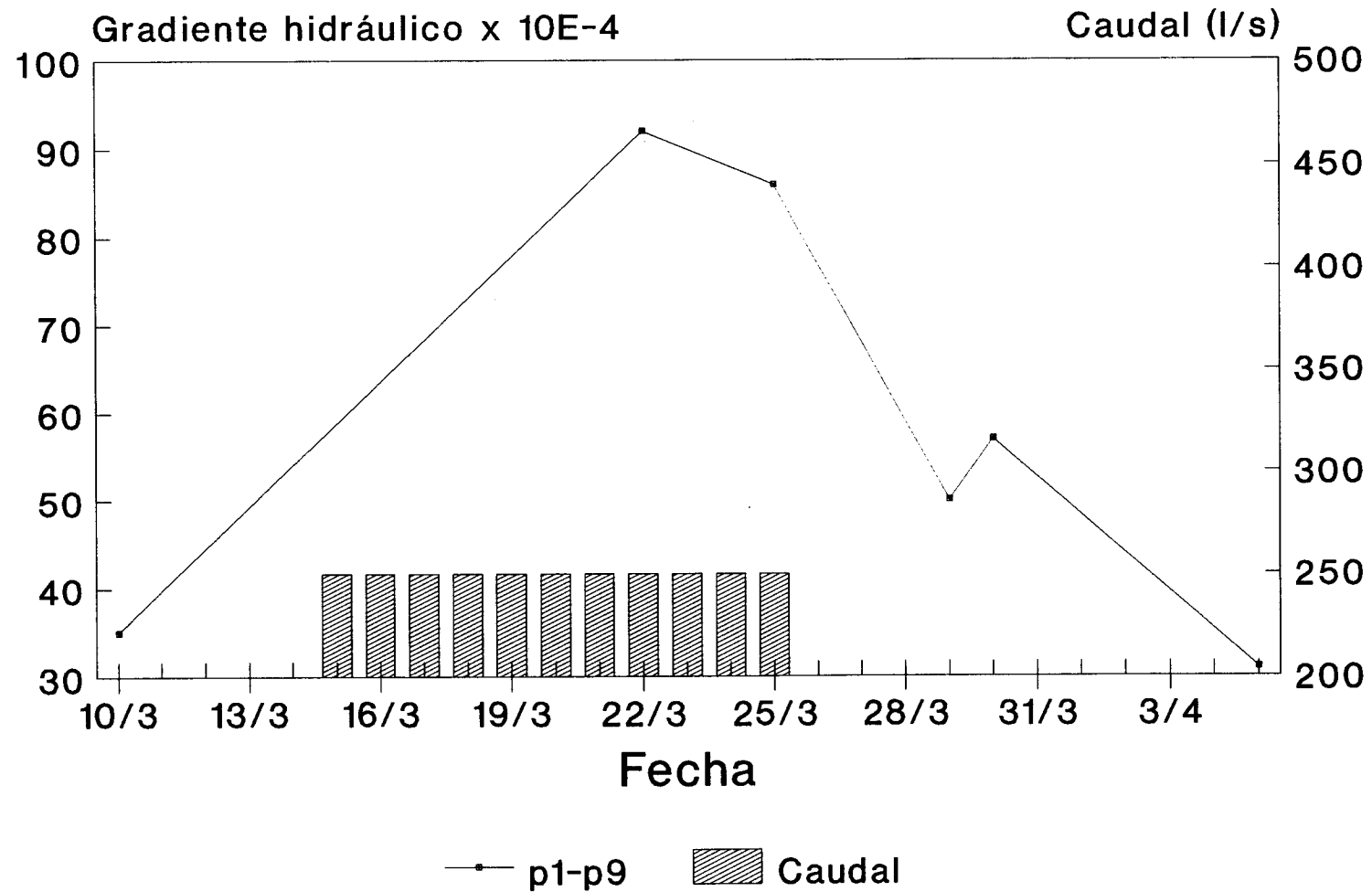
# Recarga de Guadajoz



# Recarga de Guadajoz

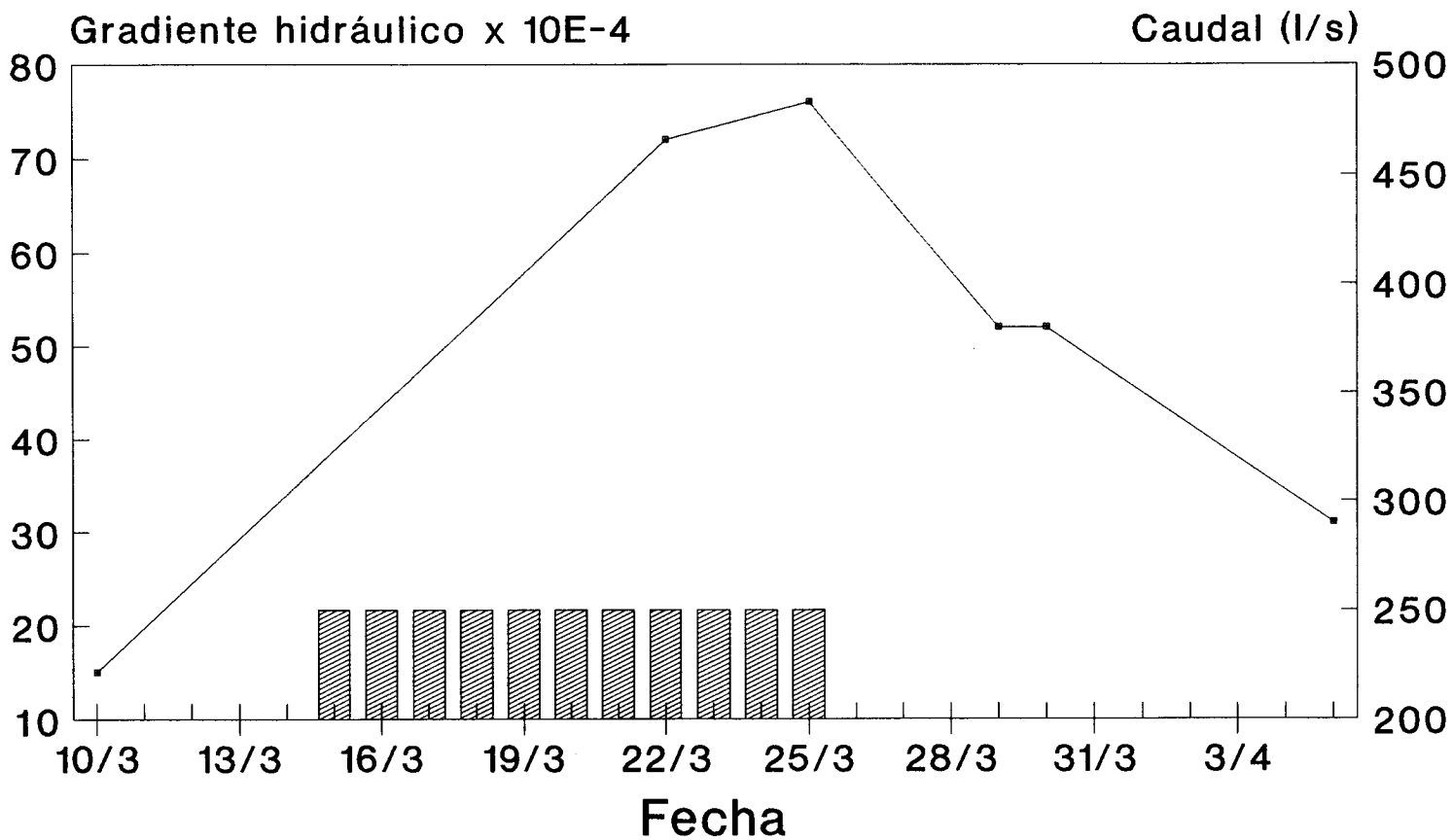


# Recarga de Guadajoz



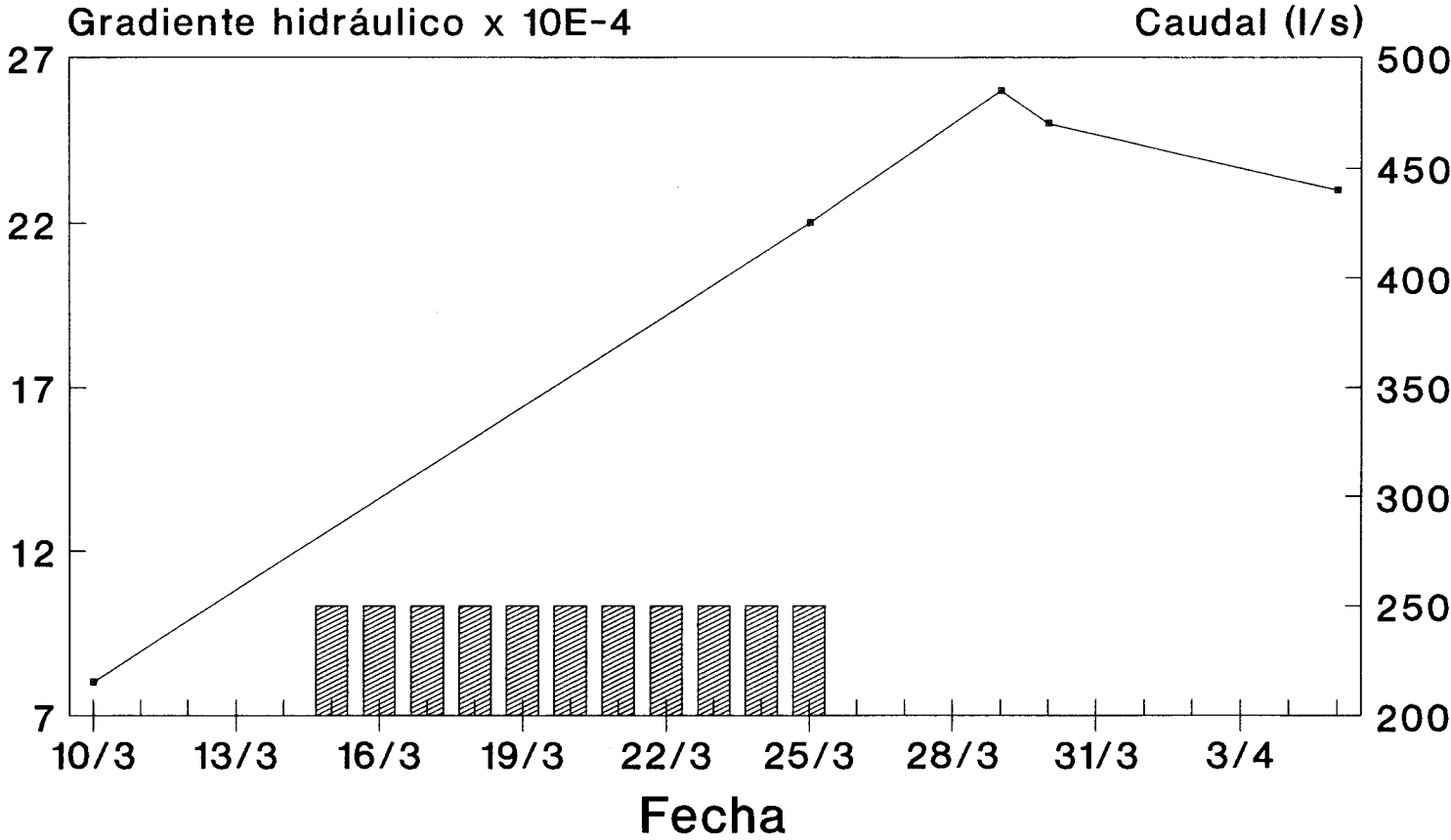


# Recarga de Guadajoz



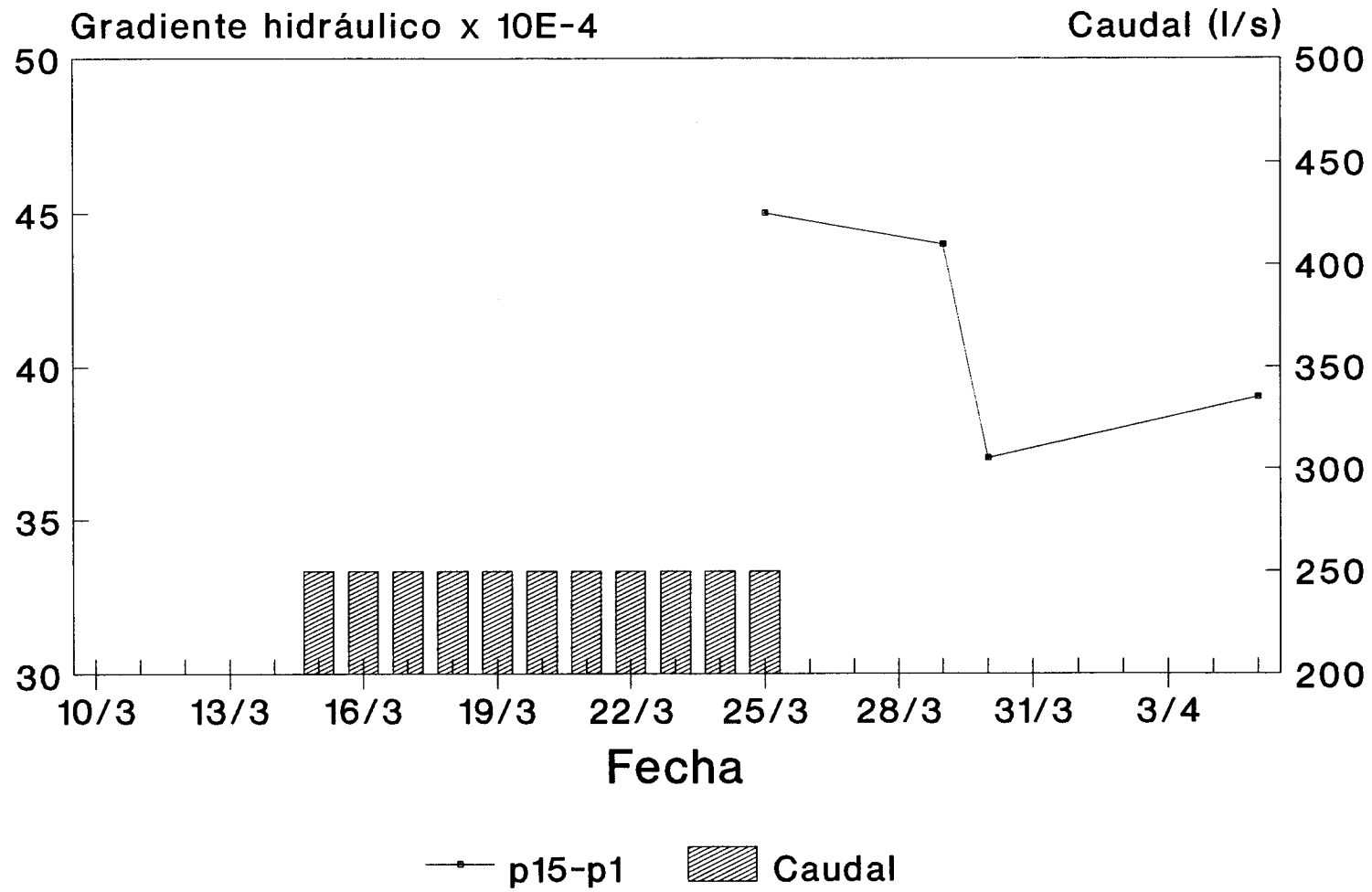
—●— p1-p10    ▨ Caudal

# Recarga de Guadajoz

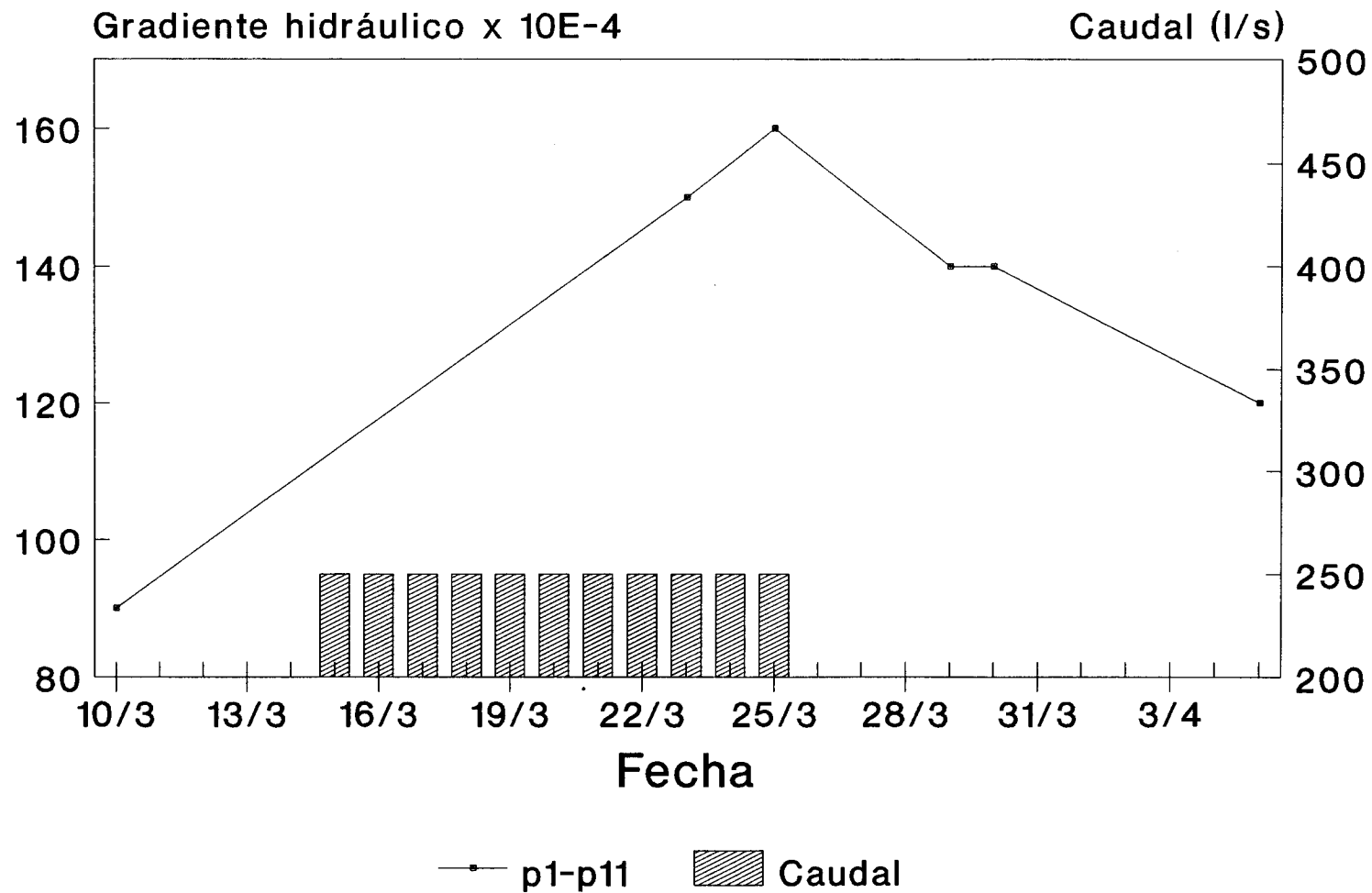


— p16-p1    Caudal

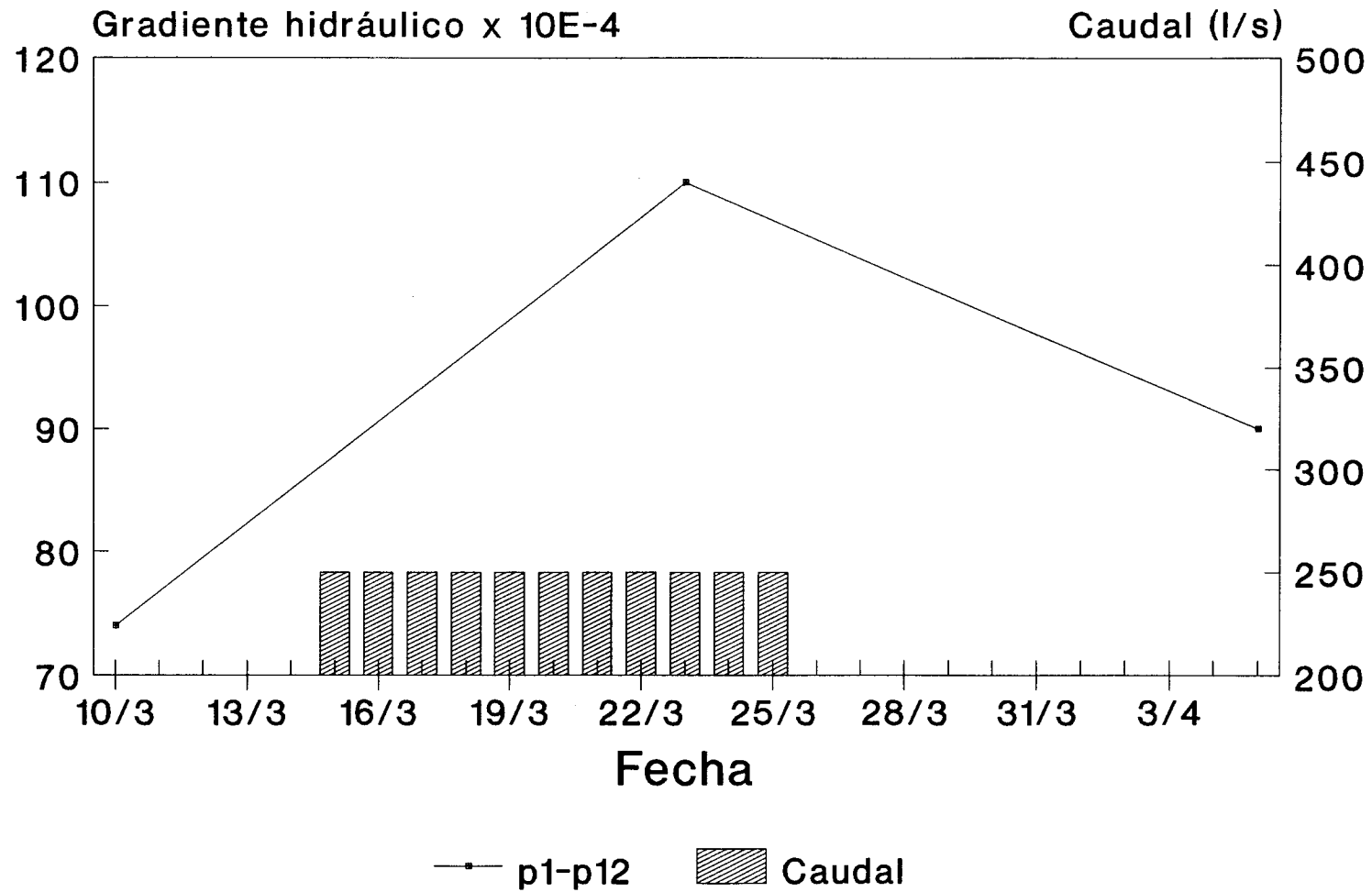
# Recarga de Guadajoz



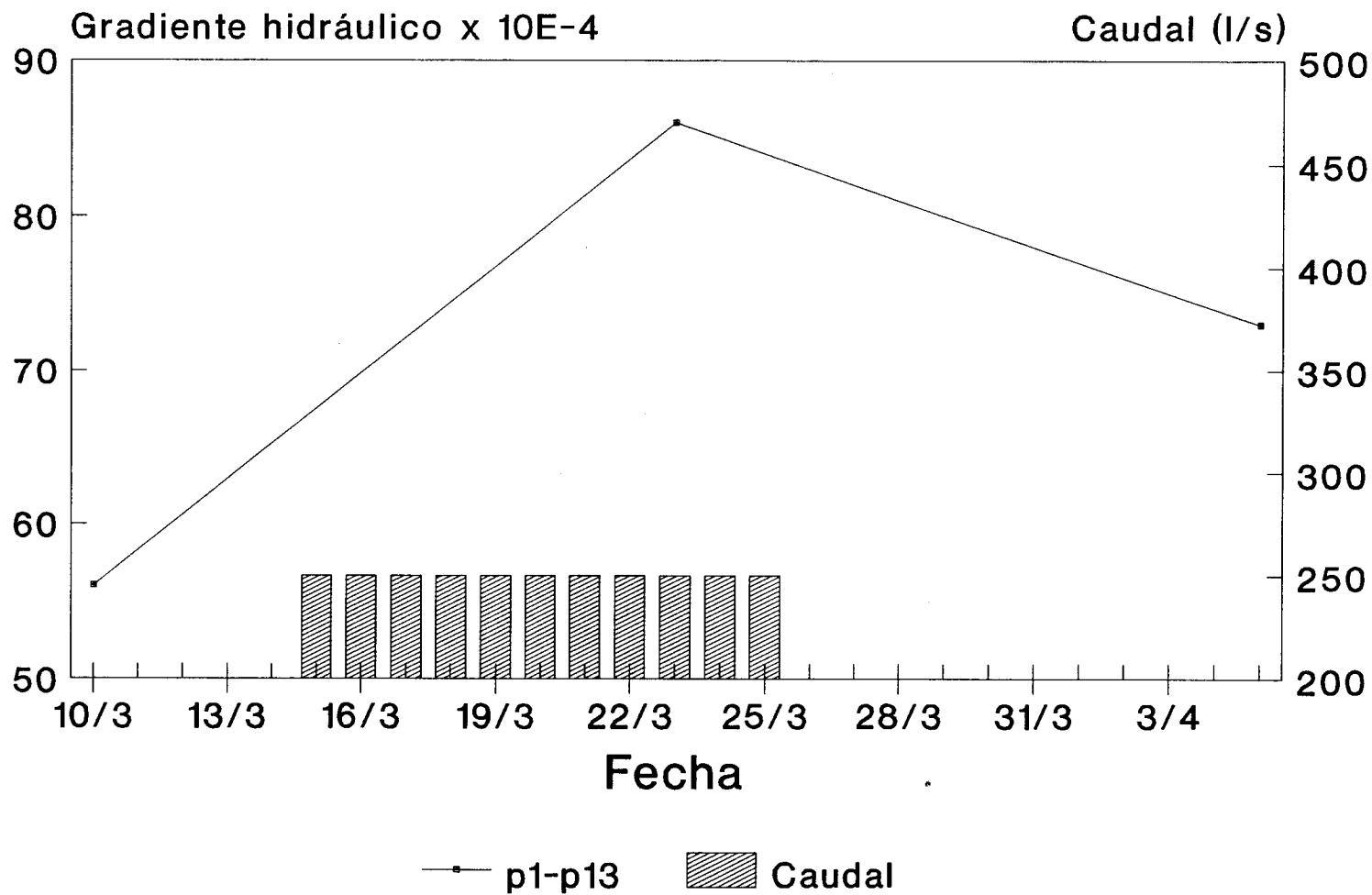
# Recarga de Guadajoz



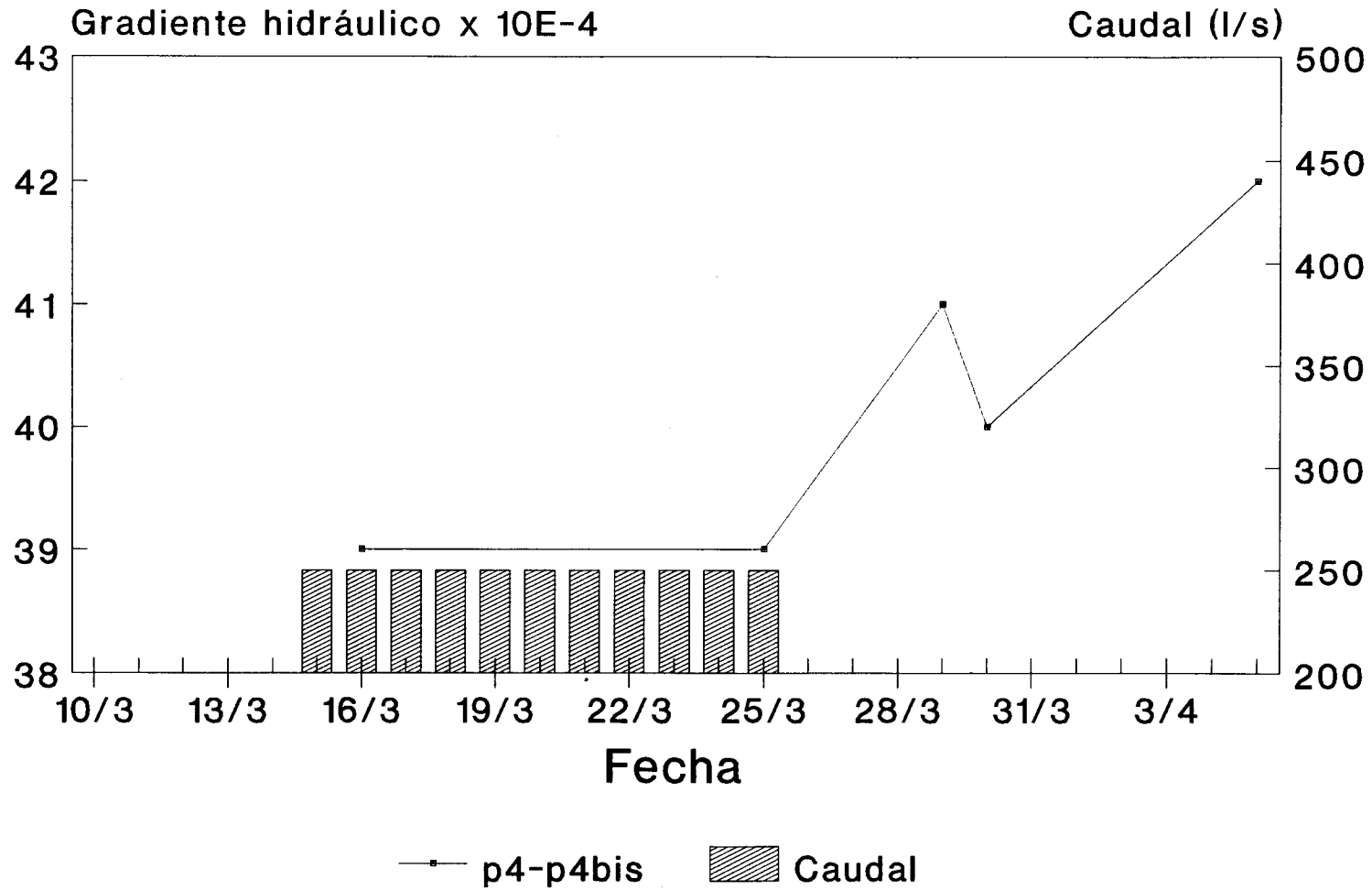
# Recarga de Guadajoz



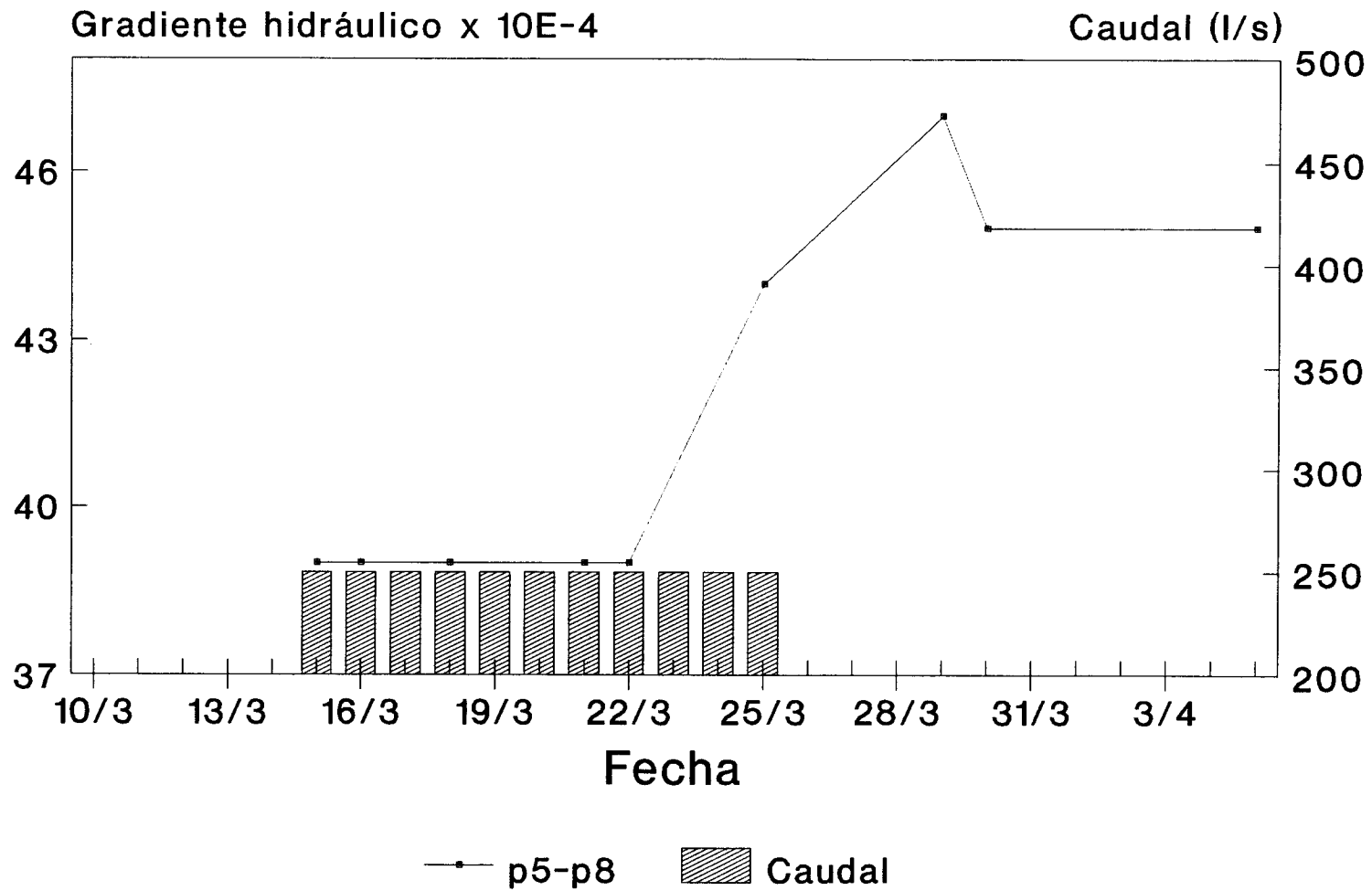
# Recarga de Guadajoz



# Recarga de Guadajoz

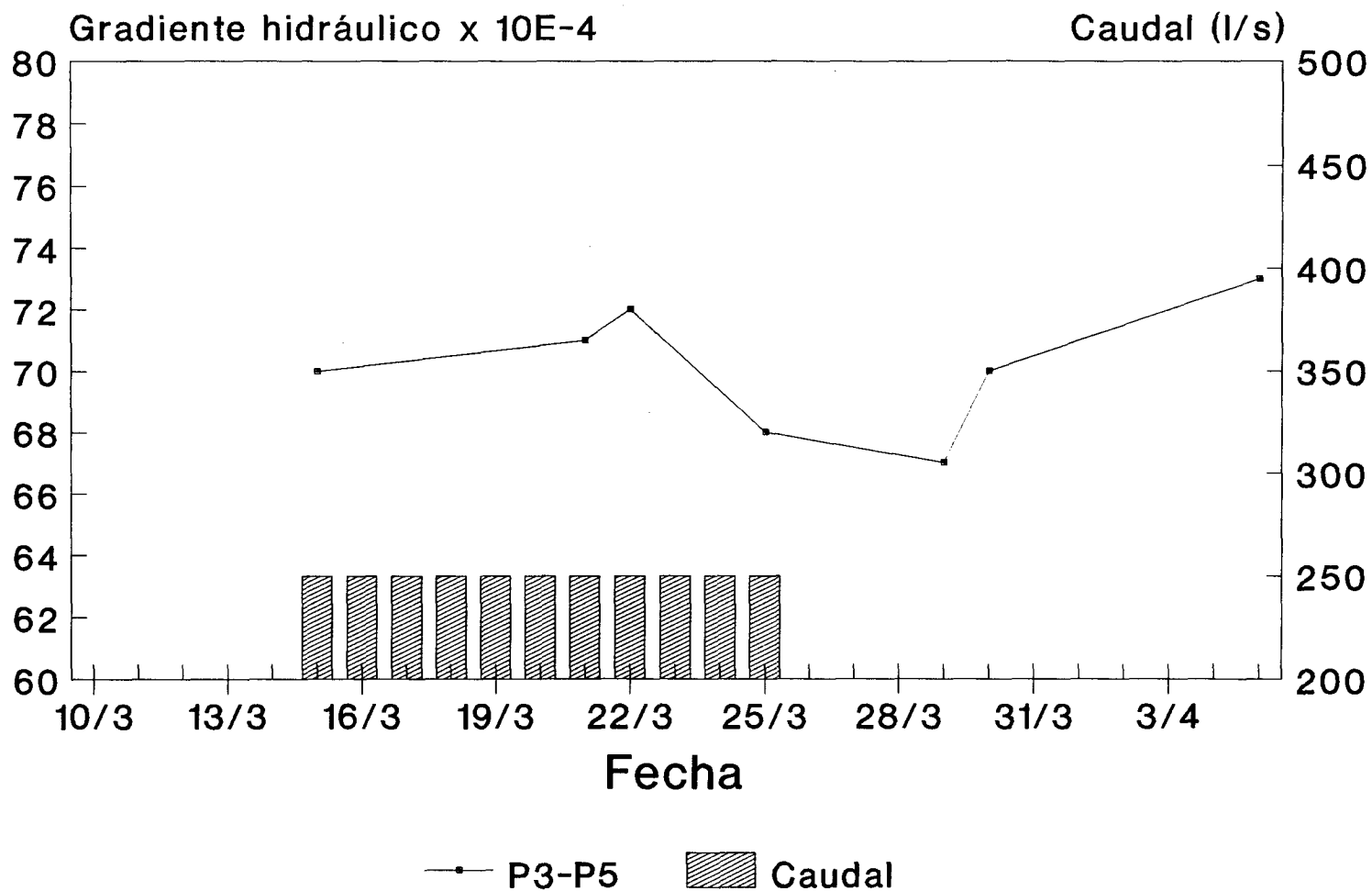


# Recarga de Guadajoz





# Recarga de Guadajoz



# Recarga de Guadajoz

