



Ministerio de Industria

Instituto Geológico
y Minero de España

ENSAYO DE BOMBEO EN VENDRELL (Tarragona)

Marzo 1.975

1. INTRODUCCION

La Sección de Minas de la Delegación de Industria de Tarragona solicitó del Instituto Geológico y Minero de España la realización de un Ensayo de Bombeo en Vendrell con el objeto de conocer las características hidrodinámicas de los acuíferos terciarios y cuaternarios situados en los alrededores de esta localidad.

El ensayo de bombeo se ha efectuado junto a Santa Oliva en unos pozos propiedad de la familia Crusells. Se ha utilizado un pozo de bombeo principal y otro como piezómetro a 325 m.

2. GEOLOGIA

Los sondeos están ubicados en el cuaternario pie de monte de Vendrell atravesando formaciones miocenas. No se conoce el corte exacto de los mismos aunque se puede asegurar que está compuesto por capas alternantes detríticas con otras arcillosas. No se ha llegado en ellos a las calizas cretácicas.

La forma de recuperación de las aguas de los mismos nos hace pensar que en dicha zona los mantos acuíferos no están sobreexplotados.

3. CARACTERISTICAS DE LOS SONDEOS

Los sondeos han sido realizados por el método de percusión.

La profundidad de los mismos, oscila entre 75 y 80 mts.

El diámetro de entubación es de 400 mm.

En las zonas acuíferas supuestas, la tubería está ranurada.

Desconocemos con exactitud las características técnicas de los sondeos ya que no existen croquis que lo reseñen, así como de la litología de los terrenos atravesados.

4. EQUIPO DE BOMBEO

Existe en uno de los sondeos una instalación fija compuesta por un grupo moto-bomba sumergible MARCA INDAR de 75 C.V. situada a 70 mts. de profundidad.

La tubería de impulsión es de 6" de diámetro interior. Sobre la marcha se preparó un sistema de PITOT, para la regulación y control del caudal bombeado, a fin de mantener un régimen de bombeo constante. Asimismo se dispuso de una tubería de plástico de 3/4" para dirigir, a través de ella, una sonda eléctrica que nos permitiera unos registros de niveles hidrodinámicos con suficiente fiabilidad.

El otro sondeo, distante del primero 325 mts. se encuentra actualmente sin instalación, y fue utilizado en nuestro bombeo de ensayo como piezómetro de observación.

5. ENSAYOS REALIZADOS

Con los medios anteriormente señalados, se efectuó un pequeño bombeo el día 25 de Febrero de 1975, a fin de conocer la reacción del sondeo y poder determinar un caudal de bombeo acorde con el objetivo propuesto. Este caudal, se cifró en 25 l/s ($90 \text{ m}^3/\text{h}$) y se mantuvo constante durante los 1320 minutos que duraría la prueba. Durante este tiempo, se registraron medidas periódicas del nivel tanto en el pozo de bombeo, como en el de observación; estas observaciones servirán de ba-

se para el cálculo e interpretación de resultados.

Finalmente se observó la recuperación, correspondiente al bombeo en el propio pozo.

En los anexos adjuntos se detalla la evolución de los niveles hidrodinámicos y, su representación puede verse en los gráficos correspondientes.

Por parte de la Jefatura de Minas de Tarragona, se realizó un aforo con los siguientes resultados:

Caudal: 40 l/s. Descenso 61 mts.

6. CALCULO DE LOS PARAMETROS DEL ACUIFERO

6.1. TRANSMISIVIDAD (graf. 1, 2, 3 y 4)

Comenzaremos definiendo la transmisividad, como el producto del coeficiente de permeabilidad horizontal, por el espesor de la capa acuífera. Este parámetro caracteriza la aptitud de la capa para transmitir el agua. Su dimensión es: $L^2.T^{-1}$.

Para su cálculo, emplearemos el método de JACOB en el caso del pozo de bombeo, y también el de THEIS para el pozo de observación.

El descenso provocado en un punto de observación en el cual se efectúa un bombeo a caudal constante, según JACOB, viene dado por la fórmula siguiente:

$$D = \frac{Q}{4\pi T} \ln \frac{2,25 Tt}{r^2 s} = 0,183 \frac{Q}{T} \log \frac{2,25 Tt}{r^2 s} =$$

$$= 0,183 \frac{Q}{T} (\log t - \log t_0) \quad (1)$$

Donde:

D= descenso en metros.

Q= caudal constante de bombeo en m^3/h .

T= transmisividad en m^2/h .

t= tiempo de bombeo en horas.

$$t_0 = \frac{r^2 s}{2,25 T} \text{ en horas (2)}$$

s= coeficiente de almacenamiento (adimensional)

r= distancia entre el punto de bombeo y el de observación.

Representando en unos ejes coordenados los descensos con escala aritmética y los tiempos en abscisas según escala logarítmica, obtendremos la ecuación (1) que es una recta.

llamando "i" a la pendiente de la recta, podemos escribir:

$$i = 0,183 \frac{Q}{T} \quad (3)$$

Teniendo en cuenta que el valor de "i" se obtiene de modo gráfico, de la ecuación (3) deducimos que: $T = 0,183 \frac{Q}{i}$

Sustituyendo valores:

a) Recuperación del pozo de bombeo

$$i = 2,15 \text{ mts.}$$

$$Q = 90 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T = \frac{0,183 \cdot 90 \text{ m}^3/\text{h}}{2,15 \text{ mts}} = 7,6 \text{ m}^2/\text{h.}$$

b) Descenso en el pozo de observación

$$i = 0,40 \text{ mts.}$$

$$Q = 90 \text{ m}^3/\text{h.}$$

$$T = \frac{0,183 \cdot 90}{0,40} = 41 \text{ m}^2/\text{h.}$$

Aclaremos que en el caso de recuperación la escala de los tiempos viene dada por la relación $\frac{t+t'}{t}$; siendo "t" el tiempo de bombeo y t' el correspondiente de parada.

Para el pozo de observación, vamos a determinar el valor de (T), por el método de THEIS.

En el gráfico. Nº 3 se han representado los descensos y tiempos correspondientes, bajo forma bilogarítmica.

La aplicación práctica de THEIS, consiste en superponer la curva encontrada a otra, que llamaremos "curva tipo" manteniendo los ejes paralelos hasta lograr un punto común - de coincidencias. Este punto de coincidencia "P" nos facilita los valores de (t) tiempos y (D) descensos en el gráfico Nº 3; obteniendo los correspondientes de $\frac{1}{u}$ en el gráfico (3 bis). Siendo $W(\frac{1}{u})$ la función del pozo. Y sabiendo que :

$$T = \frac{0,08 \cdot Q}{D} \cdot W\left(\frac{1}{u}\right) \text{ tenemos } T = \frac{0,80 \cdot 90 \text{ m}^3/\text{h}}{0,36 \text{ m.}} = 38 \text{ m}^2/\text{h.}$$

6.2. COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO

Una vez conocido el valor de la transmisividad y obtenido el de "to", que viene dado por la intersección de la recta (1) con el eje origen de descensos; de la ecuación (2):

$$S = \frac{2,25 \cdot T \cdot t_0}{r^2} = \frac{2,25 \cdot 41 \text{ m}^2/\text{h.} \cdot 100}{60 \cdot 105625} = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ (Graf. 2)}$$

En el caso de THEIS (Graf.3), el valor del almacenamiento viene dado por la fórmula :

$$S = \frac{4 \cdot T \cdot t}{r^2 \cdot \frac{1}{u}}$$

$$\text{Sustituyendo valores: } S = \frac{4 \cdot 40 \text{ m}^2/\text{h.} \cdot 80}{60 \cdot 105625 \cdot 10} = 1,8 \cdot 10^{-4}$$

Existe pues, una evidente analogía entre los valores calculados por el método aproximado de JACOB y el exacto

de THEIS. En lo sucesivo tomaremos como valores medios:

$$T = 40 \text{ m}^2/\text{h}$$

$$S = 8 \cdot 10^{-4}$$

7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Es bien notoria la gran diferencia del valor de la transmisividad encontrada en el pozo equipado y el de observación.

La explicación a este fenómeno hay que buscarla en las siguientes razones:

a) Pozo instalado, posiblemente, mal construido y por consiguiente con pérdidas de carga que dificultan el paso del agua de la formación al pozo, produciendo descensos superiores a los normales.

b) Distintos niveles acuíferos que se van quedando descolgados a medida que se incrementa el descenso, reduciendo, de este modo, el espesor mojado del acuífero y por tanto el valor de la transmisividad. Nos inclinamos a pensar que ésta es la principal causa por la cual la T en el pozo de bombeo es inferior a la del piezómetro de observación.

Por otra parte y a efectos de permeabilidad del terreno, tomamos como valores más fidedignos los encontrados en el pozo de observación, donde, por razón de la distancia, quedan prácticamente anulados los efectos expuestos.

8. RADIO DE ACCIÓN DEL BOMBEO

Llamamos radio de acción o influencia de bombeo a la distancia entre el punto de bombeo y el extremo límite donde su acción es nula.

Este radio de acción es función del tiempo e independiente del caudal extraído.

Ajustando la ecuación de THEISS para el límite en que el descenso ocasionado por efecto de un bombeo sea cero tenemos:

$$D = 0,183 \frac{Q}{T} \log \frac{2,25 t t}{r^2 s} = 0 \text{ o sea que } \frac{2,25 Tt}{r^2 s} = 1$$

de donde $r = 1,5 \sqrt{\frac{Tt}{s}} \quad (4)$

Considerando un bombeo de 24 h. de duración y sustituyendo valores, en (4)

$$\text{Tenemos: } r = 1,5 \sqrt{\frac{40 \text{ m}^2/\text{h} \cdot 24 \text{ h}}{8 \cdot 10^{-4}}} = 1.635 \text{ mts.}$$

CONCLUSIONES

Resumiendo lo anteriormente dicho, llegamos a las siguientes conclusiones:

1ª) La formación acuífera está compuesta por capas detríticas, a veces con matriz arcillosa alternando con materiales calcareos terciarios.

2ª) Teniendo en cuenta las características del terreno, sería conveniente en la ejecución de futuros sondeos, estudiar adecuadamente el tipo de acondicionamiento de las obras por dos razones:

a) Para evitar los arrastres de partículas arenosas que deterioran los equipos de bombeo y obstruyen las conducciones.

b) Para reducir al máximo las pérdidas de carga del pozo que disminuyen el rendimiento del mismo y en consecuencia encarecen su explotación.

3ª) La permeabilidad del acuífero es aceptable, como lo demuestra el hecho de rápida afección entre pozos; no obstante existen diversos niveles desconectados del área lateral de recarga, alimentados por otros más profundos o por infiltración vertical, que dejan de producir al bombear el pozo durante corto tiempo.

4ª) El radio de influencia de un bombeo en la zona que nos ocupa es elevado debido de una parte, al bajo almacenamiento y de otra, a la aceptable transmisividad. Como consecuencia de este resultado, no es aconsejable la ejecución de sondeos a menos de 3.000 m. de los perforados, ya que se afectarían en

tre ellos con la consiguiente reducción de caudal a la hora de una explotación conjunta.

Madrid, Marzo, 1.975

El Dr. Ingeniero de Minas

El Perito de Minas



Fdo: F.J. Ricart



Fdo: M. Villanueva

ANEXO I

BOMBEO DE ENSAYO REALIZADO EN "VENDELL" Tarragona.

POZO DE BOMBEONivel piezométrico en reposo el 26/2/75 a las 13^h ; 18,60 mts.Caudal constante de bombeo: 90 m³/h.

Tiempo en minutos.	Nivel dinámico mts.	Descenso mts.	OBSERVACIONES
6	25,15	6,55	Por anomalías en la sonda, no fue posible medir durante los primeros minutos.
7	25,175	6,575	
10	25,295	6,695	
15	25,52	6,92	
20	25,885	7,285	
30	27,94	9,34	
40	28,95	10,35	
50	29,375	10,775	
60	29,75	11,15	
80	30,37	11,77	
100	30,90	12,30	
120	31,225	12,625	
140	31,48	12,88	
160	32,06	13,46	
200	32,57	13,97	
250	32,285	13,685	
300	32,435	13,835	
350	32,58	13,98	
400	32,70	14,10	
450	32,83	14,23	
500	32,93	14,33	
550	32,99	14,39	
600	33,02	14,42	
700	33,04	14,44	
800	33,08	14,48	
900	33,08	14,48	
1000	33,70	15,10	
1100	33,90	15,30	
1200	34,10	15,50	
1320	34,23	15,63	

ANEXO IIRECUPERACION DEL POZO DE POMBEO

Nivel dinámico final: 34,23 mts.

Tiempo Parado minutos	$\frac{t + t'}{t'}$	Nivel del agua m.	Ascenso m.
1/2	2640	27,27	6,96
1	1321	26,19	8,04
1 $\frac{1}{2}$	880	25,90	8,33
2	661	25,73	8,50
3	461	25,61	8,62
5	265	25,46	8,77
7	189	25,33	8,90
10	133	25,14	9,09
15	89	22,94	11,29
20	67	22,12	12,11
30	45	21,38	12,85
40	34	20,93	13,30
50	27	20,61	13,62
60	23	20,40	13,83
80	17,5	20,15	14,08
100	14,2	20,025	14,205
120	12	19,86	14,37
140	10	19,635	14,595
160	9,3	19,54	14,69
200	7,6	19,43	14,80
250	6,3	19,26	14,97
300	5,4	19,17	15,06
350	4,7	19,105	15,125
400	4,3	19,05	15,18
450	3,9	19,01	15,22
500	3,6	18,98	15,25
550	3,4	18,96	15,27
1140	2,1	18,83	15,40

ANEXO IIIDESCENSO

BOMBEO DE ENSAYO REALIZADO EN "VENDRELL" Tarragona.

Distancia al pozo de bombeo: 325 m.

Nivel piezométrico en reposo: 21,13 m.

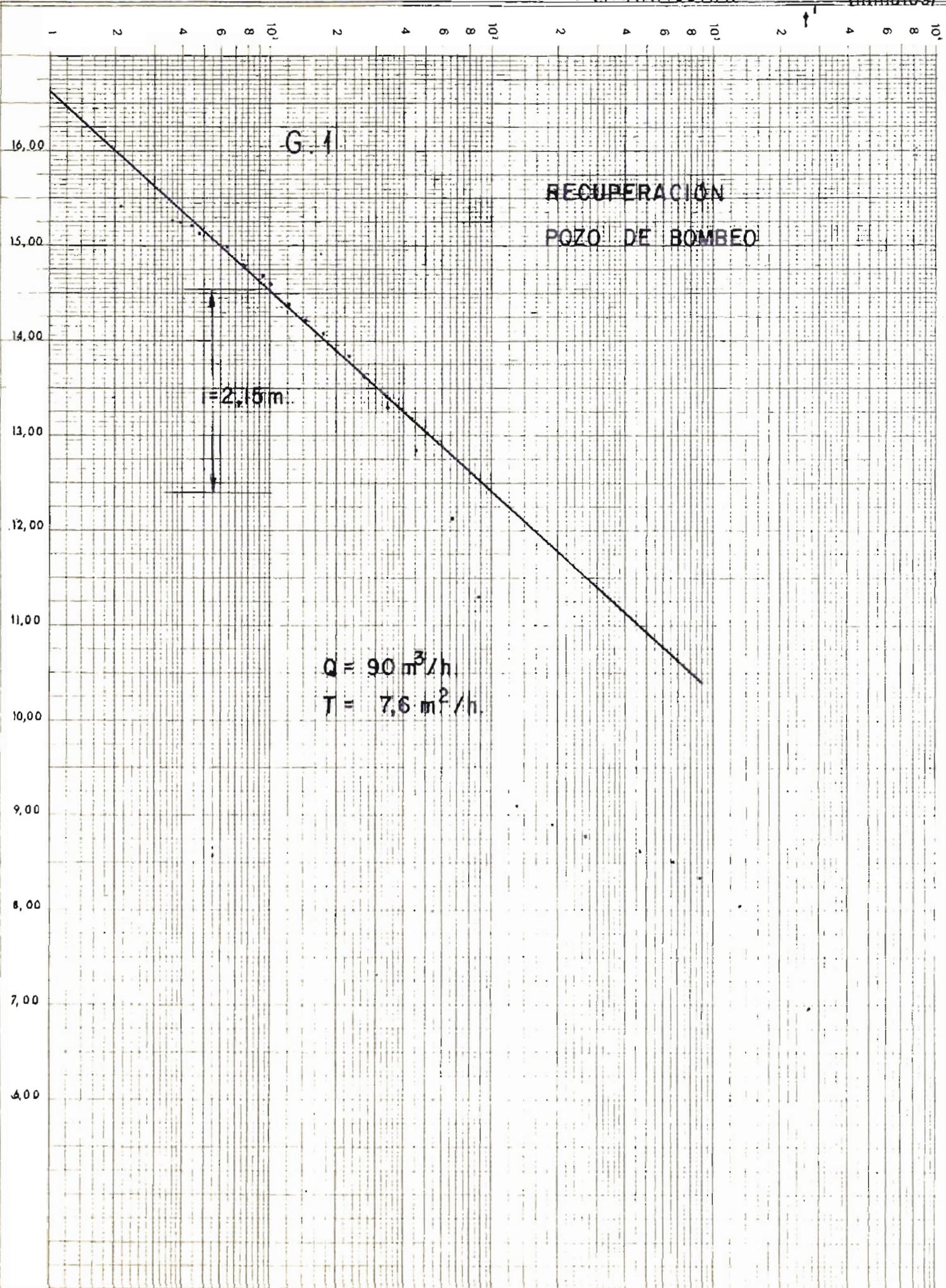
Tiempo en minutos	Nivel dinámico m.	Descenso m.
40	21,165	0,035
105	21,21	0,08
145	21,235	0,105
165	21,25	0,12
240	21,29	0,16
305	21,31	0,18
355	21,345	0,215
405	21,375	0,245
455	21,39	0,26
505	21,41	0,28
555	21,42	0,29
605	21,44	0,31
705	21,46	0,33
805	21,48	0,35
905	21,495	0,365
1005	21,515	0,385
1105	21,545	0,415
1205	21,58	0,45
1325	21,60	0,47

BOMBEO DE ENSAYO REALIZADO EN "VENDRELL" (TARRAGONA)

t+t' (minutos)

Dimension Logar: 4 periodos en 100 mm Dimension Matriz: 1: 5 y 10 mm

ASCENSO (m.)

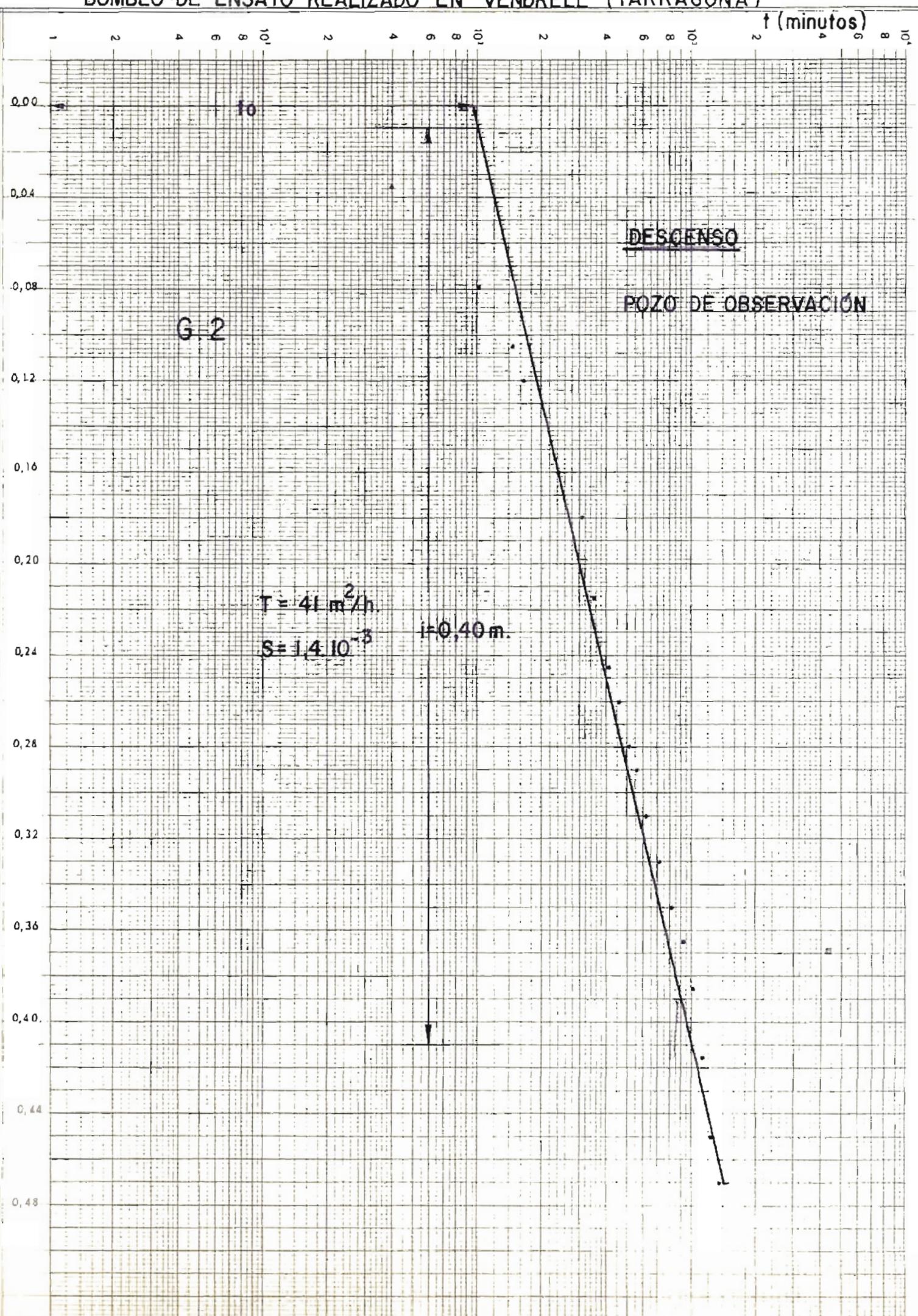


BOMBEO DE ENSAYO REALIZADO EN "VENDRELL" (TARRAGONA)

División Legajo - A paradas en 196 mm. División Materia 1 5 y 10 mm.

DESCENSO (m.)

centur



BOMBEO DE ENSAYO REALIZADO EN "VENDRELL" (TARRAGONA). t.(minutos)

