

## ***CAPITULO XIII. PROGRAMA DE BOMBEO Y MEDICIONES***

***Consideraciones generales***

***Duración de los ensayos***

***Selección del caudal***

***Partes de bombeo y mediciones***

***Toma de muestras de agua***

## CAPITULO XIII

### PROGRAMA DE BOMBEO Y MEDICIONES

#### **Consideraciones generales**

Un ensayo de bombeo requiere una buena programación, definiendo claramente los objetivos a cumplir y disponiendo de los medios necesarios para la ejecución material del trabajo previsto. Es evidente que cada bombeo debe planificarse con carácter particular, en función de las circunstancias concretas que concurren en cada caso.

Antes de iniciar un bombeo deben comprobarse los siguientes extremos:

- Que los hidroniveles a utilizar, así como limnígrafos u otros sistemas de medidas, funcionen con normalidad.
- Que el sistema de aforo sea el adecuado, permitiendo un control inmediato sobre el caudal del bombeo.
- Que el grupo moto-bomba se encuentre en buen estado de funcionamiento, y que el grupo generador o la fuente de alimentación de energía asegure un bombeo sin interrupciones.
- Que el desagüe esté en las debidas condiciones para evacuar el agua extraída, asegurando que no haya ningún tipo de reciclaje.

Como medida general, antes de comenzar el bombeo se tomarán los niveles piezométricos en reposo en todos los puntos que vayan a ser observados a lo largo del ensayo. Las medidas de niveles dinámicos tendrán el mismo origen de tiempo: el de la puesta en funcionamiento de la bomba.

Cuando los descensos creados entre mediciones sucesivas sean muy pequeños, conviene que las medidas se tomen por la misma persona para evitar errores sistemáticos.

El programa de tiempos de mediciones ha de ser de forma que los puntos tomados queden repartidos regularmente en una escala logarítmica. La unidad de tiempo utilizada normalmente es el minuto, y una distribución racional podría ser del modo siguiente:

«t» en minutos: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 120, 150, 180, para las tres primeras horas. Después debe continuarse midiendo a intervalos de 40 minutos, 50', 1 h, 1,5 h, 2 h, 3 h, etc.

En casos concretos pueden intercarse cuantas medidas se consideren precisas para detectar en qué momento se produce un determinado fenómeno (descuelgue de algún acuífero, arrastres de materiales, etc).

Es conveniente comenzar los ensayos a una hora tal que permita llegar a la noche con las medidas espaciadas, ya que los registros son más molestos en las horas nocturnas.

En todo momento, el control del caudal ha de ser tan riguroso como exactas las medidas de niveles.

En los partes de trabajo se anotarán todas las incidencias observadas en el transcurso del bombeo con el mayor detalle posible.

Si por cualquier motivo se suspende la prueba se procederá, de modo inmediato, a tomar la recuperación correspondiente con la misma secuencia de tiempos que para el descenso, siempre que se consideren útiles los datos obtenidos hasta el momento de la interrupción. En caso contrario se recuperará el nivel inicial para comenzar nuevamente.

Si el cese del bombeo es de muy corta duración (uno a cinco minutos), se reanuda el bombeo continuando el sistema de medidas.

Para efectuar las oportunas correcciones de niveles, como consecuencia de una parada, se debe señalar con exactitud el tiempo de parada y la hora a que tuvo lugar ésta. Las decisiones deben ser tomadas por el técnico que esté a cargo del bombeo.

No deben despreciarse los datos obtenidos en un bombeo, aun en el supuesto de que no se hayan podido efectuar medidas correctas, antes de ser analizados por el responsable del mismo.

## **Duración de los ensayos**

La duración de un ensayo no debe fijarse *a priori*, siendo los objetivos perseguidos juntamente con el análisis de los datos proporcionados por el bombeo los que determinen, con criterio suficiente y acertado, el tiempo correcto de duración del mismo.

Los bombeos de ensayo que persiguen únicamente el cálculo de las características del acuífero disponiendo de puntos de observación convenientemente situados, no necesitan de tiempos de bombeo dilatados, siendo suficiente, en la mayoría de los casos con veinticuatro horas, e incluso menos. Si mediante el bombeo se quieren analizar efectos de barreras o se trata de acuíferos semiconfinados, la duración puede ser de varios días (entre dos y seis), según que las barreras estén más o menos próximas al punto de bombeo, y en función de la velocidad de propagación del radio de influencia.

Asimismo deberá procederse a pruebas de larga duración, cuando deseen analizarse las interacciones entre acuíferos y ríos.

En acuíferos libres próximos a bordes positivos puede alcanzarse una rápida estabilización de niveles, haciendo inútil la prolongación del bombeo.

En el caso de que existan efectos de drenaje diferido importantes, deberá prolongarse el bombeo hasta que dicho efecto quede perfectamente definido.

En ocasiones, cuando se desea conocer la capacidad de regulación del acuífero, puede ser aconsejable, si se dispone de instalaciones fijas, la realización de bombeos experimentales de larga duración.

Finalizado el bombeo se procederá a tomar las correspondientes medidas de recuperación. El tiempo de observación del ascenso será función del tiempo de bombeo, siendo suficiente, por lo general, entre el 10 y el 30 por 100 de aquél.

En casos especiales donde existan dudas sobre fenómenos de vaciado del acuífero como consecuencia del volumen de agua extraída, la recuperación se prolongará el tiempo necesario para que dichas dudas queden totalmente disipadas. En cualquier caso, no será necesario un tiempo de recuperación superior al del bombeo.

No es imprescindible conseguir la estabilización de niveles para la correcta interpretación de un ensayo de bombeo. De hecho, las estabilizaciones conseguidas son, casi siempre, aparentes.

Por último, se señala la conveniencia de ir analizando los resultados del bombeo según se van produciendo. Así se evitarán prolongaciones innecesarias o paradas anticipadas del ensayo.

## **Selección del caudal**

Normalmente son escasos los datos de que se dispone para conocer el caudal del sondeo una vez finalizada la perforación.

El corte litológico facilitado por el sondista es en buen número de casos, el único dato de que se dispone para hacer una primera valoración del pozo. Las limpiezas realizadas mediante cuchareo o con aire comprimido, siempre que sean debidamente controladas, pueden servir de punto de partida para estimar el grado de productividad de la obra de captación.

En zonas muy investigadas, un análisis comparativo de la columna litológica obtenida con otras de análogas características, puede constituir una aceptable pauta para la previsión del caudal. Debe recabarse la mayor información

posible a este respecto para adecuar convenientemente el equipo de bombeo a las características del sondeo objeto del ensayo.

Una vez instalada la bomba, conviene valorar el pozo mediante la realización de bombeos de corta duración, siempre que el pozo esté correctamente desarrollado. En caso contrario se procederá a limpiar la captación de la forma más conveniente. Estos bombeos escalonados, además de servir de tanteo, si se realizan con un buen criterio, pueden servir para el cálculo de las pérdidas de carga.

Realizados los bombeos previos, y a tenor de los resultados obtenidos, se elegirá el caudal más conveniente para la prueba de larga duración, atendiendo a los objetivos perseguidos por el ensayo, y de acuerdo con las siguientes consideraciones:

- Si se desea un ensayo a caudal constante y régimen variables, el caudal de bombeo no debe provocar un descenso tal que el nivel dinámico alcance la rejilla de aspiración de la bomba, ya que a partir de ese momento, el caudal decrecerá con el tiempo de bombeo.
- El caudal elegido estará dentro de los límites de capacidad de la bomba, sea cual fuere la evolución del nivel dinámico.
- En sondeos multicapa y acuíferos confinados, no es recomendable bombear a un caudal tal que deje colgados uno o varios acuíferos puesto que la interpretación del ensayo será más compleja, y menos fiables los parámetros hidráulicos obtenidos en estas condiciones. Tampoco conviene, en acuíferos libres que el caudal de bombeo provoque excesivos abatimientos, reduciendo, de modo importante, el espesor saturado del acuífero.
- En general, no será admisible bombear un sondeo estando el nivel dinámico por debajo del muro del acuífero a estudiar.
- Como norma orientativa de tipo general, se aconseja que el caudal de bombeo no provoque descensos superiores a los 2/3 de la columna total de agua, para mantos cautivos, y 1/3 en el caso de mantos libres.

## **Partes de bombeo y mediciones (tablas 21 y 22)**

Las partes de bombeo son imprescindibles para anotar todas las mediciones realizadas durante el ensayo, así como las incidencias y anomalías significativas que se presenten durante su ejecución.

Antes de comenzar la prueba, se rellenará la columna correspondiente al tiempo ( $t$ ), así como los datos específicos de cada sondeo: denominación, caudal, nivel inicial en reposo, fecha, hora de comienzo y distancia al piezómetro de observación, si lo hubiera.

El tipo de sondas más generalizado mide el nivel o profundidad del agua respecto de un punto fijo como puede ser el borde del entubado, anotándose los datos puntuales del nivel en la columna destinada a tal fin. Los descensos se obtienen restando a cada medida de nivel dinámico el observado en reposo, y serán anotados en la casilla correspondiente.

En el apartado de observaciones se detallarán todos los datos de interés que se produzcan, tanto en la fase de bombeo como en la recuperación. Estas anotaciones marginales pueden ser de gran utilidad para la interpretación de ciertas distorsiones que, con frecuencia, aparecen al representar los datos obtenidos en campo.

En la tabla 21 puede verse un tipo de parte de bombeo relleno con datos de un caso teórico. La tabla 22 corresponde a la recuperación de niveles del caso anterior. Los descensos residuales se obtienen por diferencias entre el nivel inicial y el tomado en cada una de las medidas.

La forma más usual de representar los datos es la de descenso-tiempo, para el caso del bombeo, o descenso residual- $(t + t')/t'$ , para la recuperación.

TABLA 21  
PARTE DE BOMBEO  
DESCENSO

Fecha	Hora	Tiempo t minutos	Nivel	Descenso	Observaciones
<b>Pozo de bombeo: San Jorge. Caudal: 60 l/s.</b>					
<b>Nivel piezométrico en reposo: 16,60 m.</b>					
<b>Distancia al punto de observación: 240 m.</b>					
14-7-80	10,30	0	16,60	0	Agua turbia durante los primeros cinco minutos.
		1	18,03	1,43	
		2	18,90	2,30	
		3	19,55	2,95	
		4	20,00	3,40	
		5	20,35	3,75	
		6	20,55	3,95	
		8	20,80	4,20	
		10	21,30	4,70	Caudal algo alto (61 l/s).
		12	21,60	5,00	Se corrige el caudal.
		15	21,85	5,25	
		20	22,20	5,60	
		25	22,60	6,00	
	11	30	22,95	6,35	Primera muestra de agua.
		40	23,25	6,65	
		50	23,60	7,00	Cambio de turno.
	11,30	60	23,95	7,35	Caudal algo bajo (59 l/s).
		80	24,30	7,70	Se regula caudal.
		100	24,65	8,05	
	12,30	120	25,00	8,40	
		150	25,25	8,65	Caudal: 60 l/s.
	13,30	180	25,50	8,90	
		220	25,65	9,05	Segunda muestra de agua.
		260	25,80	9,20	
	15,30	300	26,30	9,70	Agua limpia durante todo el ensayo, excepto los primeros cinco minutos.

TABLA 22  
PARTE DE RECUPERACION  
ASCENSO

**Pozo bombeado: S. Jorge. Nivel estático: 16,60**  
**Nivel dinámico: 26,30 m.**  
**Tiempo total bombeado: 5 horas.**

Fecha	Hora	Tiempo parado t'	$\frac{t + t'}{t'}$	Nivel	Descenso residual	Observaciones	
14-7-80	15.30	0		26,30	9,70		
		1	301	24,10	7,50		
		2	151	23,60	7,00		
		3	101	23,15	6,55		
		4	76	22,85	6,25		
		5	61	22,50	5,90	Se oye agua descolgada.	
		6	51	22,20	5,60		
		8	38,5	22,00	5,40		
		10	31	21,60	5,00	Cambio de turno.	
		12	26	21,45	4,85		
		15	21	21,05	4,45		
		20	16	20,85	4,25	Deja de oírse el agua.	
		25	13	20,50	3,90		
		16.00	30	11	20,20	3,60	
			40	8,5	20,00	3,40	
			50	7	19,70	3,10	
		16.30	60	6	19,55	2,95	Comienza a llover.
			80	4,7	19,25	2,65	
			100	4	19,05	2,45	
		17.30	120	3,5	18,80	2,20	
	150	3	18,55	1,95			
18.30	180	2,6	18,40	1,80			

El mismo formato de parte puede utilizarse para cada uno de los piezómetros de observación, anotando previamente los datos específicos de cada uno de ellos.

### Toma de muestras de agua

Antes de utilizar el agua alumbrada por cualquier obra de captación es conveniente, cuando no indispensable, conocer su composición química mediante el correspondiente análisis.

Cuando el agua extraída vaya destinada a regadíos, conviene tener una valoración cuantitativa de su composición, ya que no todas las aguas son aptas para el normal desarrollo de determinados cultivos.

Si las aguas se destinan al abastecimiento de poblaciones es obligado proceder a un análisis químico y bacteriológico para ver si su composición

está dentro de las normas de potabilidad admitidas por el Código Alimentario Español, o del correspondiente país.

Durante la realización del ensayo de bombeo deben tomarse distintas muestras, repartidas en el tiempo, para conocer la evolución de sus componentes. No se tomarán muestras en los primeros minutos del bombeo, o durante el tiempo que existan arrastres de materia sólida en suspensión. Será a partir del momento en que salga el agua totalmente clara cuando se inicie la toma de muestras. Por lo general, es suficiente con tres muestras a lo largo del bombeo.

En los casos específicos que existan problemas de posible intrusión marina u otros fenómenos especiales que requieran un control riguroso sobre la evolución de algún ión específico que se esté investigando, se tomarán cuantas muestras sean necesarias para precisar su variación.

Por lo general, la cantidad de agua de cada muestra será de un litro. Cuando por circunstancias especiales haya de analizarse algún elemento en particular, dicha cantidad puede variar en más o en menos, según el tipo de análisis que se requiera.

En cada muestra tomada deberá reseñarse el nivel dinámico y la hora en que fue tomada, así como la identificación del sondeo.

Las botellas serán de plástico y estarán bien limpias, lavándose con la misma agua del sondeo antes de ser llenadas.