

CONTROL DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS DEL EMPLAZAMIENTO DE LA CENTRAL NUCLEAR DE COFRENTES

V. ALBA - J. M. LOPEZ - J. SANCHEZ - J. SANCHIS

INTRODUCCION

A requerimientos del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) la C.N. de Cofrentes ha debido emprender una serie de estudios que, complementando la información del Informe Final de Seguridad y de otros estudios posteriores, permita definir un modelo de la hidrogeología del emplazamiento. Estos estudios han sido realizados por el Curso Internacional de Hidrología Subterránea de la U.P. de Cataluña, por los especialistas D. Alfonso Bayó y D. Pedro Badiella bajo la coordinación del Profesor D. Emilio Custodio. Dentro de estos estudios hay un programa de control de los distintos acuíferos presentes en el emplazamiento, y para ello se han efectuado una serie de labores consistentes en la adecuación de los manantiales del entorno de la central y en la perforación de unos sondeos para instalación de tubos de observación.

PROGRAMA DE CONTROL DE FUENTES Y ALGUNOS PUNTOS SINGULARES

En el alfoz de la C.N. de Cofrentes existen una serie de manantiales que fueron controlados en los estudios previos. Se detectaron 16 manantiales, de los cuales se llegó a conocer el caudal y calidad de las aguas.

En el programa actual se seleccionaron siete manantiales para el control quincenal, aunque dos de ellas se controlan de forma alternativa. Estos manantiales se acondicionaron para permitir la medida de su caudal y la toma de muestras de agua. (F I)



F I Vista de uno de los manantiales una vez preparado para la medición de caudales y toma de muestras

Los autores pertenecen a IBERDROLA, S.A., Valentín Alba González y Juan Sanchis Puchalt trabajan en la Unidad de Tecnologías de Generación, Juan de Dios Sánchez Zapata en la C.N. de Cofrentes y Don Juan Manuel López Marinas en el área de Ingeniería Civil

TABLA I

PROGRAMA DE MUESTREO DE MANANTIALES Y PUNTOS SINGULARES				
FRECUENCIA	PUNTOS	ANALISIS		
		QUIMICO	ISOTOPICO	OTROS
Puntual inicial (ambiental)	7 manantiales 2 aforadores 1 canal	Aniones principales (Cloruros, Sulfatos, Bicarbonatos y Nitratos) Cationes principales, (Sodio, Potasio, Calcio y Magnesio) Silice Bromuro, Amonio	Tritio Deuterio Oxigeno 18	
Quincenal	6 manantiales 1 aforador	pH y conductividad Aniones principales (Cloruros, Sulfatos Bicarbonatos y Nitratos) Cationes Principales, (Sodio, Potasio Calcio y Magnesio), Silice		Caudal Temperatura
Trimestral (Se completa el muestreo quincenal)		Bromuros, Amonio	Tritio, Deuterio Oxigeno 18	
Semestral (SE completa el muestreo quincenal)			Actividad γ Actividad β total Actividad β resto	

TABLA II

RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE UN MANANTIAL													
FECHA	241192	101292	221292	050193	190193	160293	020393	160393	300393	130493	270493	110593	250593
Cauval l/min	446,4	501,49	560,44	560,44	560,44						916,4	916,44	836,79
PH	7,45	7,34	7,38	7,28	7,42	7,6	7,6	7,48	7,45	7,45	7,45	7,65	7,51
Temperatura °C	18,1	19,2	18,3	16,4	16,5	17,8	17,9	18,3	18,4	18,4	18,4	18,9	19,7
Conductividad μ mhos/cm	420	399	441	463	545	701	649	575	560	455	469	429	491
Alcalinidad %HF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alcalinidad %HF	21,3	21,6	22,4	22	22,4	21,6	22	21,6	22,8	22,4	22	21	21,6
Bicarbonatos mg/l	259,6	263,8	273,7	268,8	273,8	263,8	268,8	263,8	278,7	273,8	268,8	258,8	263,8
Carbonatos mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloruros mg/l	14,7	13,1	14,1	14,1	15,1	13,2	12,1	14,1	15,2	12,1	14	13	13
Sulfatos mg/l	12	14	10,2	9	13,1	17	12	10,5	13	12	15	14	12,5
Nitratos mg/l	2,2	1,8	1,1	< 0,5	1,8	1,8	1,1	1,1	< 0,5	< 0,5	1,1	1,3	1,3
Bromuros mg/l			0,51						0,7				
Silice mg/l	5,1	4,3	4,9	4,1	5,6	5,1	4,7	4,7	5,6	5,6	4,9	4,3	5,3
Amonio mg/l			< 0,05						< 0,05				
Sodio mg/l	5,2	5,1	4,8	4,8	5	5,2	4,9	4,6	4,5	4,1	3,9	4,8	5,1
Potasio mg/l	0,53	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,51	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,5	0,65	< 0,5	< 0,5
Calcio mg/l	57	55,4	58	55	60,1	57,7	54,8	58	62	64,6	61,2	59,1	61,1
Magnesio mg/l	20,4	21	21	20,1	21,4	20,2	19,9	19,4	21,2	21	20,6	20	20,1
Tritio Bq/l			0,78 $\pm$ 0,14										
Deuterio 8% SMOW			- 48,2										
Oxigeno 18 8% SMOW			- 7,65										
K 40 Bq/l			< 1,88										
β Total Bq/l			< 0,039										
β Resto Bq/l			< 0,039										

Además de los manantiales se incluyeron dos aforadores, uno en un arroyo, más tarde desechado, y otro en la salida de drenes de la Central. También, inicialmente, como datos de contraste,

se tomaron muestras en el canal de circulación, en el dren profundo de la central y en algunos manantiales adicionales.

Todos estos puntos se sometieron a un

programa de muestreo cuya frecuencia y carácter se expone en la Tabla I. Los resultados obtenidos durante un periodo de control en uno de los manantiales se muestran en la Tabla II.

TABLA III

CARACTERISTICAS DE LOS SONDEOS Y PIEZOMETROS						
Pozo	Profundidad (m)	Diámetro (pulgadas)	Piezómetro	Profundidad rejilla	Diámetro interior (mm)	Terreno en que se sitúa la rejilla
A1-1	251	171/2-121/4	A1-1a	61,5 - 66,5	76,6	Conglomerados, areniscas y margas Calizas Calizas
			A1-1b	116 - 135	76,6	
			A1-1c	215 - 245	162,8	
A2-1	253	171/2-121/4	A2-1a	88 - 93	126,6	Conglomerados Margas y arenas Gravas, arenas, margas
			A2-1b	158 - 163	76,6	
			A2-1c	226 - 231	76,6	
A2-2	100	171/2-121/4	A2-2a	16 - 21	126,6	Arenas gruesas y gravas Arenas, gravas y margas Areniscas Conglomerados y areniscas
			A2-2b	41 - 46	76,6	
			A2-2c	61 - 66	76,6	
			A2-2d	91 - 96	76,6	
A3-0	45	121/4	A3-0	36 - 41	76,6	Areniscas
A3-1	369	171/2-121/4	A3-1a	304 - 311	300 *	Arena, areniscas y margas Calizas
			A3-1b	358 - 363	176	
A3 2	94	171/2-121/4	A3-2a	31 - 36	126,6	Conglomerados Conglomerado y arenisca Conglomerados poligénicos de matriz arenosa
			A3-2b	52 - 57	76,6	
			A3-2c	84 - 98	76,6	

* No se colocó tubería de PVC y el diámetro corresponde a la entubación de acero.

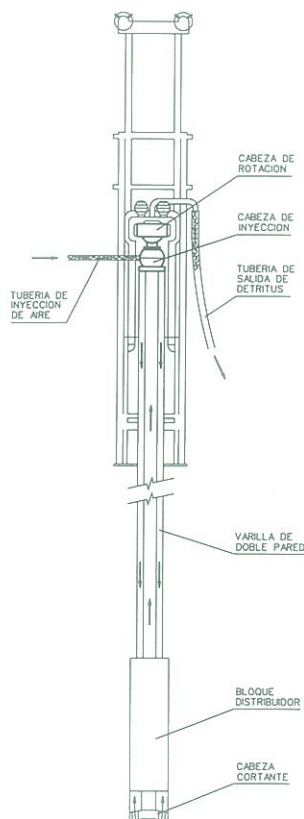
EJECUCION Y PROGRAMA DE CONTROL DE PIEZOMETROS

El control de las aguas profundas se ha efectuado mediante sondeos en los que se instalaron tubos piezométricos y de muestreo. En función de los datos geológico-estructurales que se poseían se eligieron tres ubicaciones para ellos.

Los terrenos atravesados por la mayor parte de los sondeos están constituidos por arenas, margas, arcillas, areniscas y conglomerados datados como miocenos, yacientes sobre calizas cretácicas.

En los tres emplazamientos se perforaron 1, 2 y 3 sondeos respectivamente, con un total de 16 piezómetros. En la Tabla III se dan las características de los taladros y los piezómetros en ellos instalados.

El método de perforación elegido fue el de circulación inversa con martillo en el fondo del taladro por ser el que menos alteraba las condiciones iniciales del terreno al emplear primordialmente aire como fluido de trabajo. El aire



F II Esquema del procedimiento de perforación con aire de circulación inversa y martillo en el fondo del taladro



F III El martillo perforador. En el extremo más alejado está el útil de corte, al que sigue el bloque distribuidor-estabilizador.

hace funcionar el martillo de fondo, refrigera y arrastra los detritos hacia el exterior.

Las varillas que unen el martillo con la cabeza de rotación son de pared doble.

El aire se inyecta a presión a través de la cavidad exterior del varillaje, mueve el martillo y retorna por

el orificio interior, arrastrando el detritus creado.

En la figura II se muestra un esquema del método y en la figura III se puede observar el conjunto formado por la herramienta cortante y el bloque distribuidor o estabilizador. La figura IV permite ver la sección de la tubería.

Las dificultades de perforación, tanto por los terrenos atravesados, como por las profundidades alcanzadas en algunos de los pozos, obligó a cambiar el programa inicial. Hubo que utilizar revestimientos con tubería, emplear agua y en algún caso lodos bentoníticos, que no alteraron las características de permeabilidad del terreno por tratarse en ese caso de un sondeo surgente. En



F IV Detalle de la tubería de doble pared. El aire a presión es introducido por los agujeros laterales y retorna con el detritus por el central.

los tubos. Para alcanzar esto último, durante la colocación se situaron alrededor del tubo o del haz de tubos unas piezas separadoras que mantenían las posiciones de los piezómetros, tal como se aprecia en la figura V.

Situado el piezómetro o el haz de ellos en el sondeo se procedió al aislamiento de los tramos filtrantes mediante la colocación de sellos de "pellets" de arcilla o de cemento-bentonita, dependiendo de la presión que debía soportar el mismo y de la resistencia a la implosión de los tubos. En cualquier caso el tapón de fondo realizó con cemento.

Es evidente que debía evitarse el colapso de las paredes del pozo para que no se inutilizara la rejilla, no se alterara la posición de los tubos y, en caso extremo, no se destruyeran. Para ello, antes de sellar, se procedió a rellenar el hueco existente entre los piezómetros y las paredes del pozo con arena, que no impide la filtración y mantiene las paredes. En el caso que nos ocupa se ha utilizado grava natural silícea de 3 a 5 mm para las zonas de rejilla y grava machacada de pórfido, también de 3 a 5 mm, para el resto del pozo. La colocación de esta arena se hizo mediante tubería-tolva que se situaba en fondo, subiéndola a medida que se producía el llenado. Cuando se han producido derrumbes o existen zonas kársticas el volumen de grava puede aumentar notablemente. En la figura VI

se expone la disposición de dos piezómetros en un pozo. Una vez colocados los piezómetros se procedió a su limpieza con aire, eliminando el agua que los llenaba y midiendo los niveles de agua en la recuperación. En alguno de ellos, concretamente los A2-2, A3-0 y A 3.2 se continuó la medición de niveles de agua durante un mes.

Una vez estabilizados los piezómetros se realizaron ensayos de bombeo de dos tipos. En los piezómetros A1-1c, A3-1b y A2-2a fueron de gran caudal y en el resto de cucharo o con bomba de pequeño caudal. En la Tabla IV se indican todos los ensayos hechos. Este tipo de pruebas permite conocer la permeabilidad de los distintos niveles atravesados.

Durante el periodo de perforación se tomaban muestras del agua midiendo temperatura y conductividad eléctrica.

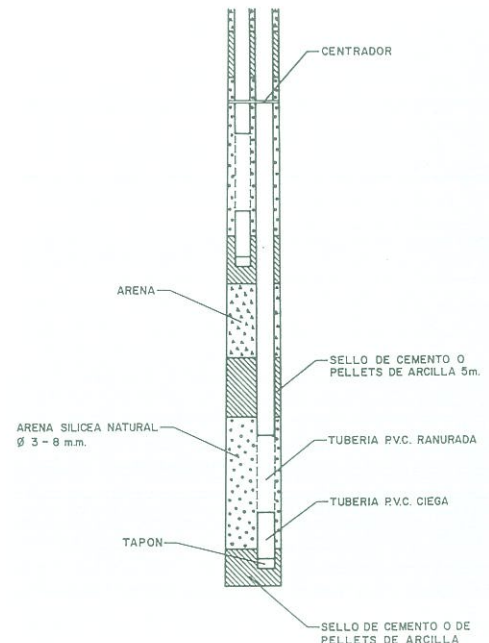
Los piezómetros, una vez concluidos, quedaban exteriormente en el estado que muestra la figura VII. Para evitar un posible deterioro por acciones externas, se les ha cubierto, elevando un murete a su alrededor rematado por unas puertas metálicas inclinadas que impiden penetre agua. Interiormente el recinto cerrado está dotado de un dren que impide se acumule agua en su interior. Cada piezómetro está provisto de una tapa metálica con el número de piezómetro, unida al tubo mediante una cadena. La figura VIII ofrece una visión de los piezómetros terminados.

un caso hubo que abandonar el sondeo ante la imposibilidad de evitar el desprendimiento de las paredes.

Terminada la perforación de cada uno de los sondeos se llevó a cabo la testificación geofísica del mismo con medición de calibre, temperatura, conductividad eléctrica del fluido, velocidad sónica, resistividad del terreno y potencial espontáneo, para definir la situación de huecos producidos por colapso, zonas de densa fracturación y emplazamiento de los tramos filtrantes.

Una vez realizado el sondeo se procedió a instalar los piezómetros. Estos estaban constituidos por tubería PVC de la serie azul con diámetros exterior-interior que han oscilado entre 90/76.6 mm. y 195/176 mm., dependiendo del tamaño del piezómetro. El tramo filtrante estaba constituido por tubo ranurado, con aberturas de 2 mm y superficie abierta útil superior al 5%, con un mínimo de longitud de 5 m. En la Tabla III se dan las características de los pozos y de los piezómetros. El fondo del piezómetro se cerró con un tapón de plástico roscado.

La colocación de los piezómetros fué una labor delicada e importante, ya que había que conseguir la mayor verticalidad posible y evitar el contacto entre



F V Aspecto de las tuberías de PVC empleadas en los piezómetros. Un haz, con centradores, en la parte superior.

F VI Esquema de la disposición de dos piezómetros en un sondeo



TABLA IV

MEDIDAS EFECTUADAS EN LOS PIEZOMETROS				
Pozo	Piezómetro	Limpieza y	Bombeo	
			Gran Caudal	Pequeño Caudal
A1-1	A1-1a A1-1b A1-1c	X	X	X X
A2-1	A2-1a A2-1b A2-1c	X X X		X X X
A2-2	A2-2a A2-2b A2-2c A2-2d	X X X	X	X X X
A3-0	A3-0	X		X
A3-1	A3-1a A3-1b	X X	X	
A3-2	A3-2a A3-2b A3-2c	X X X		X X X

Instalados los piezómetros se definió el programa de muestreo que se especifica en la Tabla V dándose en la Tabla VI los resultados obtenidos

en uno de los piezómetros. La profundidad a la que hay que tomar muestras y medir los niveles piezométricos ha obligado a crear material es-

pecífico para la primera de estas operaciones ya que no existía en el mercado. Los elementos para ambas operaciones se muestran en la figura IX. La forma correcta de tomar las muestras de agua y la medición de niveles han quedado plasmadas en sendos procedimientos, que impide se acumule agua en su interior. Cada piezómetro está provisto de una tapa metálica con el número de piezómetro, unida al tubo mediante una cadena. La figura VIII ofrece una visión de los piezómetros terminados.

Instalados los piezómetros se definió el programa de muestreo que se especifica en la Tabla V dándose en la Tabla VI los resultados obtenidos en uno de los piezómetros.

La profundidad a la que hay que tomar muestras y medir los niveles piezométricos ha obligado a crear material específico para la primera de estas operaciones ya que no existía en el mercado. Los elementos para ambas operaciones se muestran en la figura IX. La forma correcta de tomar las muestras de agua y la medición de niveles han quedado plasmadas en sendos procedimientos.

Continúa en la pág. 34

TABLA V

PROGRAMA DE MUESTREO DE PIEZOMETROS			
Puntual inicial	pH y conductividad Aniones principales: (Cloruros, Sulfatos Bicarbonatos, Carbonatos y Nitratos) Cationes principales: (Sódio, Potasio, Calcio y Magnesio) Sílice Bromuros, Fluoruros Amonio, Boro y Estroncio	Tritio Deuterio Oxígeno	Temperatura
Mensual	pH y conductividad Aniones principales: (Cloruros, Sulfatos Bicarbonatos, Carbonatos, y Nitratos) Aniones principales: (Sódio, Potasio, Calcio y Magnesio) Sílice		Temperatura nivel
Trimestral (Se completa el muestreo mensual)	Bromuros, Amonio	Tritio Deuterio Oxígeno 18	



F VII Situación de los piezómetros instalados en un sondeo.

F VIII Aspecto final de los tubos piezómetros y de muestreo.

