

**INFORME FINAL DE LOS SONDEOS DE
INVESTIGACION PARA EL ABASTECIMIENTO
DE AGUA POTABLE A LA LOCALIDAD DE
VALVERDEJO (CUENCA) Y PROPUESTA
DE PERÍMETRO DE PROTECCIÓN**

Mayo 2007

Sondeo: Valverdejo -III

Término municipal: Valverdejo **Provincia:** Cuenca

Sonda/contratista: RotoperCUSión /Sondeos Carretero

SITUACIÓN:

Hoja topográfica: N° 691 Motilla del Palancar

Número Hoja/octante: 2427/2

Coordenadas U.T.M.: X: 582421 Y: 4383569

Cota aproximada: 840 (+/-10) m s.n.m.

CARACTERÍSTICAS:

Profundidad: 190 m

Referencias topográficas: Junto al antiguo pozo de abastecimiento, a 2500 m al SO de Valverdejo.

Sondeo: Valverdejo -IV

Término municipal: Valverdejo **Provincia:** Cuenca

Sonda/contratista: RotoperCUSión /Sondeos Carretero

SITUACIÓN:

Hoja topográfica: N° 691 Motilla del Palancar

Número Hoja/octante: 2427/2

Coordenadas U.T.M.: X: 583723 Y: 4386411

Cota aproximada: 860 (+/-10) m s.n.m.

CARACTERÍSTICAS:

Profundidad: 204 m

Referencias topográficas: a 560 m al NO de la población, junto a una pista forestal y a 400 m al ONO de la captación de abastecimiento actual.

ÍNDICE

1.INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivo

2. EJECUCIÓN DE LOS SONDEOS

2.1. Situación

2.2. Características específicas de las obras

2.2.1. Consideraciones constructivas

2.2.2. Perfiles litológicos

2.2.3. Acondicionamiento de las obras

2.2.4. Hidroquímica

2.2.5. Consideraciones hidrogeológicas

2.2.6. Resultados del ensayo de bombeo

2.3. Resultados obtenidos y recomendaciones

3.PROPOSTA DEL PERÍMETRO DE PROTECCIÓN

3.1. Marco hidrogeológico regional

3.2. Marco Hidrogeológico local

3.3. Vulnerabilidad del acuífero

3.3.1. Inventario de focos de contaminación

3.3.2. Estimación de la vulnerabilidad

3.4. Perímetro de protección de las captaciones

4. BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

MAPA DE SITUACIÓN

ESQUEMA DE LOS SONDEOS

1. INTRODUCCIÓN

Dentro del convenio de asistencia técnica suscrito entre el Instituto Geológico y Minero de España (I.G.M.E.) y la Excma. Diputación Provincial de Cuenca, en agosto de 2006 se redactó el *"Informe hidrogeológico para la mejora del abastecimiento de agua potable del municipio de Valverdejo (Cuenca)"*, en el que se recomendaba, de acuerdo con las características geológicas e hidrogeológicas de la zona, la perforación de un sondeo.

1.1. Objetivo

El objetivo era obtener agua de buena calidad y con un caudal suficiente para atender o complementar junto a las captaciones actuales la demanda máxima de agua del municipio de Valverdejo, cifrada en 0,7 L/s (60 m³/día). El primer sondeo resultó negativo, por lo que se procedió a situar una nueva investigación próxima al actual sondeo, cuyo resultado fue positivo.

2. EJECUCIÓN DE LOS SONDEOS

2.1. Situación

El sondeo VALVERDEJO-III se ubicó a 2500 m al OSO de la población.

Esta ubicación corresponde a un punto de la hoja nº 691 Motilla del Palancar de coordenadas U.T.M. **X:** 582421 **Y:** 4383569 y una cota aproximada de 840 (+/-) 10 m s.n.m.

El sondeo VALVERDEJO-IV se ubicó a 560 m al NO de la población.

Esta ubicación corresponde a un punto de la hoja nº 691 Motilla del Palancar de coordenadas U.T.M. **X:** 583723 **Y:** 4386411 y una cota aproximada de 860 (+/-) 10 m s.n.m.

2.2. Características específicas de las obras

2.2.1. Consideraciones constructivas

La ejecución de los sondeos se realizó durante la segunda quincena de julio de 2006 (fotos 1 y 2).



Foto 1. Vista de la perforación del sondeo VALVERDEJO-III



Foto 2. Vista de la perforación del sondeo VALVERDEJO-IV

La perforación del sondeo VALVERDEJO-III se inicia con un diámetro de emboquille de 0-3 m de 320 mm, posteriormente se perforó hasta 190 m con un diámetro de 250 mm .

La perforación del sondeo VALVERDEJO-IV se perforó con un diámetro de 320 mm de 0-204 m.

2.2.2. *Perfiles litológicos*

De acuerdo con el informe hidrogeológico previo realizado, los materiales atravesados en los sondeos se corresponden principalmente a materiales de edad cretácica.

En el sondeo VALVERDEJO-III se perforaron los siguientes materiales:

- 0- 2 m Arcilla gris-marrón.
- 2- 4 m Gravas calizas.
- 4- 6 m Arcilla marrón.
- 6- 8 m Gravas calizas.
- 8- 26 m Arcilla roja, marrón, nivel de areniscas de 22-24 m.
- 26- 30 m Arcilla roja, yesos.
- 30- 32 m Yeso microcristalino marrón.
- 32- 36 m Arcillas con yesos.
- 36- 38 m Yeso macrocristalino.
- 38- 42 m Arcilla marrón-rojiza y yeso.
- 42- 46 m Yeso microcristalino blanco.
- 46- 62 m Arcilla marrón-rojiza, niveles calizos, yesos.
- 62- 66 m Yesos microcristalinos.
- 66- 76 m Arcilla con yesos.
- 76-126 m Yeso microcristalino, en ocasiones con margas grises y arcillas rojas.
- 126-130 m Arcilla yesífera, yesos.
- 130-134 m Caliza detrítica parda con restos de conchas y yesos.
- 134-140 m Yesos microcristalinos.
- 140-150 m Caliza detrítica, yesos.
- 150-154 m Arcilla con yesos.
- 154-170 m Caliza detrítica ocre, con yesos que parecen rellenar fracturas.
- 170-172 m Arcilla roja con yesos.
- 172-180 m Caliza detrítica ocre, yesos.
- 180-190 m Yesos microcristalinos.

Las formaciones atravesadas parecen corresponder al tránsito Cretácico-Terciario de la

Facies Garumniense. No se observó claramente ningún nivel acuífero, no obstante, con una profundidad de perforación de 166 m se tomó algo de agua para medir la conductividad.

En el sondeo VALVERDEJO-IV se perforaron los siguientes materiales:

- 0- 6 m Arcillas con cantos calizos.
- 6- 10 m Calizas grises con fracturas rellenas de arcilla.
- 10-14 m Arcilla roja.
- 14-16 m Calizas grises.
- 16- 30 m Caliza micrítica gris-claro, con recristalizaciones, arcillas y fragmentos de conchas.
- 30- 52 m Caliza micrítica blanca, en ocasiones oolítica, con tramos de arcilla.
- 52- 58m Caliza gris clara micrítica.
- 58- 66 m Caliza blanca con arcillas en fracturas.
- 66- 68 m Caliza gris micrítica, arcilla ocre y roja.
- 68- 74 m Arcilla roja con caliza gris micrítica.
- 74- 80 m Caliza gris micrítica con caliza recristalizada gris y arcilla roja.
- 80- 84 m Caliza recristalizada gris oscura.
- 84- 98 m Caliza gris con pátinas beige, margas grises, recristalizaciones.
- 98-101 m Caliza gris oscura, marrón, recristalizaciones.
- 101-104 m Margas verdes.
- 104-120 m Caliza recristalizada blanca, pátinas beigeas, fracturas.
- 120-204 m Se pierde la circulación. Durante la perforación se advierten cavidades de 1-2 m entre 157 m, 161 m, 163-165 m y 174-180 m.

Las formaciones atravesadas parecen corresponder al Cretácico Superior, aunque en la parte inferior del tramo sin muestra es factible que atraviesen materiales del Cretácico Inferior. El sondeo se consideró positivo y se procedió a su entubación.

2.2.3. Acondicionamiento de las obras

En el sondeo VALVERDEJO-III tan solo se dejó el emboquille de 0-3 m de 320 mm. En el sondeo VALVERDEJO-IV se instaló como tubería definitiva de 0-204 m de 250

mm de diámetro y ranurado de 170-204 m, instalándose grava de 6-12 mm de diámetro.

2.2.4. Hidroquímica

Se han realizado un análisis físico-químico del sondeo VALVERDEJO-IV (tabla 1), que muestra un agua de facies bicarbonatada cálcica, con una conductividad de 566 $\mu\text{S/cm}$. El contenido en nitratos es de 6 mg/L.

	30/8/06		30/8/06
DQO	0.6	Mg	35
Cl	6	Ca	87
SO ₄	10	pH	7.0
HCO ₃	404	NO ₂	0.1
NO ₃	6	NH ₄	0
Na	4	Conductividad	566

Tabla 1.- Componentes químicos (en mg/L) y conductividad (en $\mu\text{S/cm}$) del agua de " VALVERDEJO-IV".

2.2.5. Consideraciones hidrogeológicas

Desde el punto de vista hidrogeológico el sondeo afecta a los acuíferos cretácicos de la U.H. 08.17 "Serranía de Cuenca", perteneciente a la cuenca del Júcar. La profundidad del nivel piezométrico era de 143 m (17/08/2006) o una cota piezométrica de 717 m s.n.m.

2.2.6. Resultados del ensayo de bombeo

SONDEOS CARRETERO realizó un ensayo de bombeo del 17 al 18 de agosto de 2006. Se realizó con un caudal continuo de 1 L/s, aunque se llevó a rejilla (a 191 m) y el caudal descendió, por lo que el resultado obtenido es poco interpretable. El descenso total es de 48 m. Una aproximación de la transmisividad puede ser del orden de 4 m^2/dia . Para un descenso máximo de 20 m y un tiempo de bombeo de 30 días, el caudal de explotación recomendable es de 0.8 L/s, incrementándose a 1 L/s si se reduce el tiempo de bombeo.

2.3. Resultados obtenidos y recomendaciones

El sondeo VALVERDEJO-III alcanzó una profundidad de 190 m, considerándose negativo por no atravesar formaciones acuíferas. El sondeo VALVERDEJO-IV, de 204 m se perforó desde el metro 120 sin circulación, por lo que la obra estuvo condicionada por el espesor teórico de las formaciones carbonatadas cretácicas y no alcanzar a las arenas Utrillas, que provocarían la turbidez de las aguas y no permitirían la utilización del mismo. Dicho sondeo se consideró positivo y, tras la prueba de bombeo se recomienda un caudal de explotación de 1 L/s, que aunque no puede abastecer sólo a la población, si puede complementar a la captación actual.

Se desconoce la calidad química y bacteriológica del agua para el consumo humano, ya que aún no se ha realizado el correspondiente informe sanitario por parte de la Junta de Castilla-La Mancha. No obstante en el análisis químico realizado por el IGME se han determinado que las aguas cumplen lo establecido en el anexo B del RD 140/2003 por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

Como recomendación se debería considerar la incorporación del sondeo perforado en 2002 y de una profundidad de 234 m. Su uso continuado para otros fines que no son el abastecimiento urbano parece que han mejorado la calidad química del agua, por lo que sería preciso que se realizase un análisis fisico-químico por parte de la autoridad sanitaria competente para saber si el agua cumple todos los requisitos de potabilidad. Su caudal de explotación, de 3 L/s, resultaría suficiente para el abastecimiento a la población (foto 3).



Foto 3.- Aspecto actual de las aguas procedentes del sondeo VALVERDEJO-II.

3.PROPUUESTA DEL PERÍMETRO DE PROTECCIÓN

3.1.Marco hidrogeológico regional

Regionalmente, la zona estudiada se encuentra dentro de la U.H. 08.17 “Serranía de Cuenca” (figura 1).

Según IGME-CHJ (1992) el área estudiada se encuentra dentro del Acuífero Cretácico de Cuenca, con una extensión de 5130 km² y una superficie aflorante de 1245 km². Este acuífero limita a oeste y sur con los materiales terciarios, por el este con los materiales jurásicos y al norte con materiales cretácicos.

El acuífero está constituido por rocas carbonatadas del Cretácico con una potencia estimada para la zona de 350 m, siendo su permeabilidad en general alta.



Figura 1.- Situación del área estudiada en la UU.HH 08.17 “Serranía de Cuenca”. En el rectángulo se indica el área de estudio.

3.2. Marco hidrogeológico local

La formación captada por el sondeo corresponde a materiales carbonatados del Cretácico superior. El sondeo alcanzó una profundidad de 204 m pero al perderse circulación a partir de los 120 m no se conoce con exactitud el espesor del tramo acuífero al estimarse que los últimos metros perforados se corresponden con materiales arenosos del Cretácico inferior. Así pues, la potencia de los materiales carbonatados oscilará entre 130 -185 m aproximadamente y el espesor saturado del acuífero en este punto será de 61 m máximo. Según el informe elaborado por el IGME en agosto de 2006 en la zona existen varios sondeos que también explotan estos materiales (figura 2), con una potencia media de 200 m y de los que se puede estimar una dirección de flujo hacia el embalse de Alarcón, es decir, hacia el O-SO (tabla 2).

Tabla 2- Puntos acuíferos en la zona de estudio. S-sondeo, P- profundidad, PNP-profundidad nivel piezométrico.

Puntos acuíferos	cota (m s.n.m.)	Naturaleza	P (m)	PNP (m)	Caudal (L/s)
Sondeo Gabaldón	900	S	250	175.8 (12/82)	
Granja 1	840	S	170		2
Granja 2		S	185		
Valverdejo-I	880	S	209	167.42 (12/90)	2,5-3
Valverdejo-II	860	S	234	110.2 (10/02) 129.32 (7/03)	3
Sondeo 3	860	S	227	160-170 (6/06)	6

Hidroquímicamente (tabla 3) las aguas son bicarbonatadas cálcicas con contenidos de nitratos entre 0-11 mg/L. La mineralización se encuentra entre 414-539 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El Sondeo Valverdejo-II presentaba elevada turbidez en octubre de 2002 y julio de 2003, con presencia de sulfuros, hierro y manganeso. Sin embargo, en julio de 2006 no se detectaron dichos parámetros ni turbidez.

	<i>Valverdejo-I</i>		<i>Valverdejo- 2</i>			<i>Granja 2</i>
Fecha	7/01	7/06	10/02	7/03	7/06	7/06
pH	7.8	7.4	7.5	7.5	7.2	7.5
Cl	10	10	5	9	7	19
SO ₄	8	6	20	18	21	80
HCO ₃	251	382	320	302	298	198
NO ₃	8	11	1	0	0	37
Na	4	6	5	5	4	9
Mg	21	26	30	34	37	28
Ca	61	95	64	56	50	73
K	0	0			3	0
Conductividad	414	555	539	530	505	664
Sulfuros				3.39	0	
Fe				0.10		
Mn				0.021	0	

Tabla 3. Características físico-químicas de las aguas del acuífero carbonatado cretácico (concentraciones en mg/L, conductividad en $\mu\text{S/cm}$).

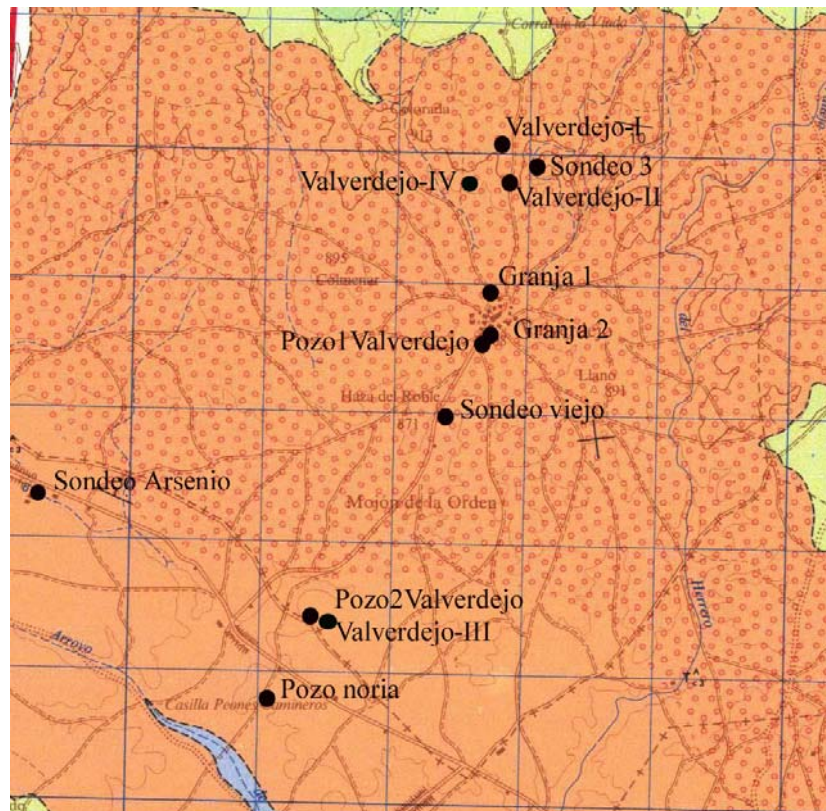


Figura 2.- Situación de los puntos descritos en la tabla 2.

La transmisividad deducida para el Sondeo VALVERDEJO-IV es de 4 m²/día. El acuífero explotado se considera libre.

El sondeo VALVERDEJO-IV afecta los depósitos del Cretácico superior aunque es factible que en el tramo en que se perdió circulación se alcanzaran las arenas del Cretácico inferior. Para esta captación se va a realizar el consiguiente perímetro de protección, destinado al abastecimiento de la población.

3.3 Vulnerabilidad del acuífero

3.3.1 Inventario de focos de contaminación

El sondeo VALVERDEJO-IV se encuentra a 550 m al NE de la población sito en las inmediaciones de uno de los caminos que parten al norte del pueblo, 300 m después de superar unas granjas. Se trata de un área mixta de campos de cereal de secano junto a parcelas arboladas sin cultivar. Estos cultivos pueden suponer una contaminación agraria de tipo difuso por empleo de abonos orgánicos e inorgánicos, así como productos fitosanitarios.

El punto de vertido de las aguas residuales de Valverdejo, se localiza a 1200 m al sur del sondeo, en un punto de coordenadas X = 583803; Y = 4385240 (Ver mapa de situación del anexo).

El vertedero de residuos sólidos urbanos se encuentra a 1,5 km al oeste del sondeo, con unas coordenadas X = 582145; Y = 4386398 (Ver mapa de situación del anexo).

3.3.2 Estimación de la vulnerabilidad

Una de las metodologías más adecuadas para la determinación de la vulnerabilidad es la realización de una cartografía de vulnerabilidad. Para ello se pueden usar distintos

métodos, aunque uno de ellos es el índice DRASTIC. Este fue desarrollado para la Environmental Protection Agency (EPA), con el objeto de evaluar la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos. De uso muy difundido, tanto para la cualificación (evaluación cualitativa) como para la cartografía, se basa en la asignación de índices que van de 1 a 10, de acuerdo a las características y el comportamiento de las variables consideradas en el acrónimo DRASTIC: **D** (profundidad del agua), **R** (recarga neta), **A** (litología del acuífero), **S** (suelo) **T** (topografía) **I** (impacto en zona no saturada), **C** (conductividad hidráulica del acuífero).

Además de lo expresado, a cada variable se le asigna un peso o ponderación, de acuerdo a la influencia respecto a la vulnerabilidad. Para el peso ponderado se emplean índices entre 1 y 5, adoptando los autores el mayor (5) para la profundidad del agua (D) y la litología de la sección subsaturada (I) y el menor (1) para la topografía (T) (tabla 4).

La Ecuación utilizada para calcular el índice DRASTIC:

$$D_R D_W + R_R R_W + A_R A_W + S_R S_W + T_R T_W + I_R I_W + C_R C_W$$

Donde **R** = VALOR, **W** = ÍNDICE DE PONDERACIÓN.

Ambos índices se multiplican y luego se suman los 7 resultados, para obtener un valor final o índice de vulnerabilidad, cuyos extremos son 23 (mínima) y 230 (máxima).

Esto se aplica a celdas cuadradas de 400 x 400 m.

El rango posible de valores del índice DRASTIC está comprendido entre 23-226 siendo mas frecuentes valores entre 50-200. Los intervalos de vulnerabilidad o riesgo se definen en función de la aplicación. En el trabajo realizado se han establecido los siguientes grados:

<100 Vulnerabilidad insignificante

101-119 Vulnerabilidad muy baja
120-139 Vulnerabilidad baja
140-159 Vulnerabilidad moderada
160-179 Vulnerabilidad alta
180-199 Vulnerabilidad muy alta
>200 Vulnerabilidad extrema

Para el presente estudio se ha considerado acuífero libre de naturaleza carbonatada, de espesor saturado 60 m.

Los datos que se han empleado para la estimación del índice son los siguientes:

- La profundidad del nivel piezométrico se ha tomado la obtenida el día 17/8/06:
$$NP = 143 \text{ m ; Cota piezométrica} = 717 \text{ m s.n.m. (D = 1)}$$
- Respecto a la recarga se ha tomado una infiltración por lluvia de 220 hm³/año para una superficie aflorante de 1245 km² (IGME-CHJ, 1992). La recarga resultante es de unos 177 mm (R = 6)
- Para la litología del acuífero se ha considerado un valor DRASTIC de A = 8 correspondiente calizas cretácicas moderadamente carstificadas.
- Para el suelo se ha considerado el caso más desfavorable, el de suelo ausente S=10 en las celdas donde aflora el cretácico carbonatado. En las celdas donde aflora el terciario detrítico, fundamentalmente conglomerático, se asume un suelo arenoso-arcilloso con un valor DRASTIC de S = 7.
- El índice DRASTIC para la topografía da un rango de valores de T = 10 a T = 5, predominando los relieves horizontales a subhorizontales para toda el área, significativo de unas pendientes de 0 a 6 %.
- El valor adjudicado al parámetro I (impacto de la zona no saturada) oscila de I= 3 a I = 10, en función de los materiales encontrados por encima del nivel piezométrico. Este valor será menor cuando por encima de los materiales

susceptibles de constituir acuífero se disponen materiales terciarios detríticos (atendiendo a la columna del sondeo de resultado negativo VALVERDEJO-I, se trataría de yesos y arcillas con niveles intercalados de gravas) junto con los materiales carbonatados cretácicos no saturados. El valor de 10 se adjudica cuando se encuentran aflorantes las calizas y calizas brechoides carstificadas del Cretácico.

- Para la conductividad hidráulica se ha utilizado la información proveniente del ensayo de bombeo. Este arrojaba una transmisividad de $4 \text{ m}^2/\text{día}$. Considerando un espesor saturado de 60 m, se obtiene una conductividad hidráulica de 0.06 m/día y un parámetro DRASTIC de $C = 1$.

ÍNDICE DE PONDERACIÓN		
PARÁMETROS		DRASTIC
D	Profundidad del nivel piezométrico	5
R	Recarga neta	4
A	Naturaleza del acuífero	3
S	Tipo de suelo	2
T	Topografía. Pendientes	1
I	Impacto en la zona no saturada	5
C	Permeabilidad	3
D) RANGO PROFUNDIDAD (m)		VALOR
< 1.5		10
1.5-5		9
5-10		7
10-20		5
20-30		2
> 30		1

R) RANGO RECARGA (mm)	VALOR
0-50	1
50-100	3
100-180	6
180-255	8
> 255	9

Tabla 4.- Índices de ponderación y valores del índice DRASTIC.

A) DESCRIPCIÓN LITOLOGÍA	RANGO	VALOR TÍPICO
Arcillas, margas, limos	1-3	2
Rocas ígneas y metamórficas	2-5	3
Rocas ígneas y metamórficas alteradas	3-5	4
Alternancia de areniscas, arcillas y calizas	5-9	6
Areniscas masivas	4-9	6
Calizas masivas	4-9	6
Arenas, gravas y conglomerados	4-9	8
Basalto	2-10	9
Calizas carstificadas	9-10	10
S) NATURALEZA DEL SUELO	VALOR	
Arcilla no expansiva y desagregada	1	
Suelo orgánico	2	
Marga arcillosa	3	
Marga limosa	4	
Marga	5	
Marga arenosa	6	
Arcilla expansiva y/o agregada	7	
Turba	8	
Arena	9	
Grava	10	
Delgado o ausente	10	

T) RANGO TOPOGRAFÍA (% de pendiente máxima)	VALOR	
0-5	10	
2-6	9	
6-12	5	
12-18	3	
> 18	1	
I) DESCRIPCIÓN LITOLOGÍA ZNS	RANGO	VALOR TÍPICO
Arcilla, limo	1-2	1
Esquistos, pizarras	2-5	3
Calizas	2-7	6
Areniscas	4-8	6
Alternancia de calizas, areniscas y arcillas	4-8	6
Arenas y gravas con contenido en arcilla	4-8	6
Rocas metamórficas e ígneas	2-8	4
Arenas y gravas	6-9	8
Volcánicas	2-10	9
Calizas carstificadas	8-10	10
C) RANGO CONDUCTIVIDAD (m / día)	VALOR	
< 4	1	
4-12	2	
12-28	4	
28-40	6	
40-80	8	
> 80	10	

Como se observa en la figura 3, la **vulnerabilidad es moderada** para la zona en la que afloran los materiales cretácicos, excepto en las zonas donde hay mayor pendiente lo que hace que la vulnerabilidad sea menor (**vulnerabilidad baja**). En la zona al sur del sondeo donde afloran los materiales detríticos terciarios que actúan como capa protectora del acuífero cretácico infrayacente, la **vulnerabilidad es muy baja o insignificante**.

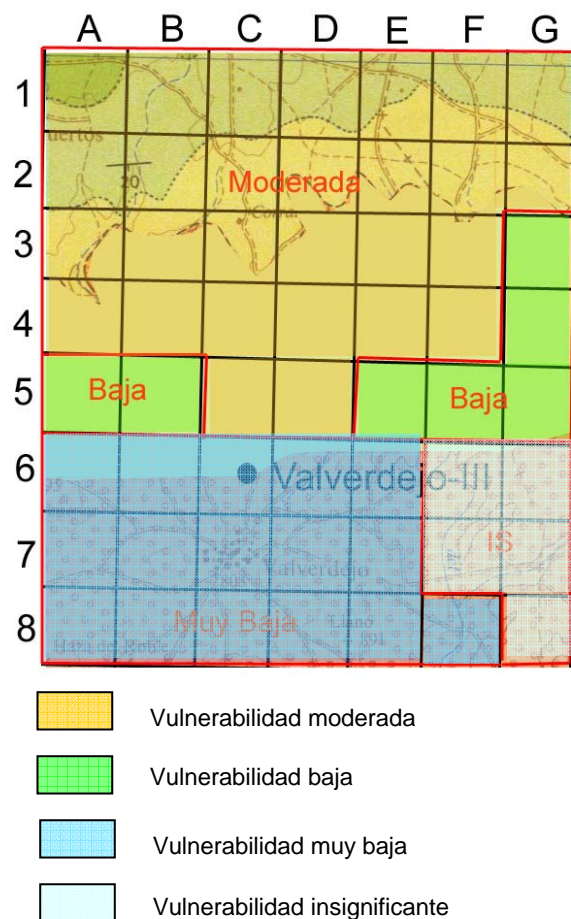


Figura 3. Mapa de estimación de la vulnerabilidad mediante el método DRASTIC.

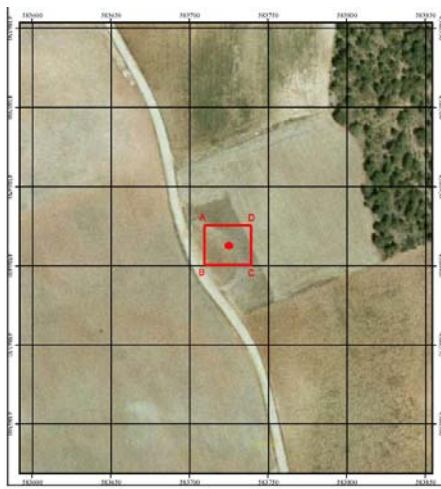
3.4. Perímetro de protección de las captaciones

Habitualmente es recomendable para el diseño de un perímetro de protección de captaciones para abastecimiento urbano la definición de tres zonas de protección:

- *Zona inmediata o de restricciones absolutas*: tiempo de tránsito 1 día o área fija de 100-400 m². Suele estar vallada.
- *Zona próxima o de restricciones máximas*: tiempo de tránsito 50 días. Protege de la contaminación microbiológica con criterios hidrogeológicos. En algunos estudios se ha usado el descenso del nivel piezométrico o el poder autodepurador.
- *Zona alejada o de restricciones moderadas*: se usa el tiempo de tránsito de varios años en función de los focos contaminantes, criterios hidrogeológicos o ambos.

El acuífero captado por el sondeo se ha considerado de comportamiento libre a efecto de los cálculos correspondientes, con un espesor saturado máximo de 60 m y espesor de la zona no saturada de 143 m. Se aplicarán los perímetros a las tres captaciones existentes: VALVERDEJO-I, VALVERDEJO-II, y la más reciente VALVERDEJO-IV.

Para la definición de **zona de restricciones absolutas** se propone aplicar un área fija que contemple el vallado y protección del área que encierre al sondeo nuevo. El vallado responde a un cuadrado de 20m x 20m de lado de coordenadas las descritas en la tabla 5. Las captaciones deben estar adecuadamente protegidas de efectos exteriores: cierre de la cabeza de la tubería del sondeo, un suave cono con una inclinación para la circulación de agua, con un diámetro de unos 2 m y aislamiento del exterior (figuras 4, 5 y 6).



Figuras 4, 5 y 6.. Propuesta de perímetro de protección con restricciones absolutas de las captaciones VALVERDEJO-IV, VALVERDEJO-II y VALVERDEJO-I.

Tabla 5. Poligonal envolvente del perímetro de protección de restricciones absolutas.

	Nº PUNTO	COORDENADAS UTM (X)	COORDENADAS UTM (Y)	Z (m s.n.m.)
VALVERDEJO-I	1	584062	4387171	910
	2	584086	4387171	910
	3	584086	4387149	910
	4	584062	4387149	910
VALVERDEJO-II	A	584088	4386579	895
	B	584109	4386581	895
	C	584111	4386563	895
	D	4584090	4386561	895
VALVERDEJO-IV	A	583711	4386420	875
	B	583711	4386400	875
	C	583731	4386400	875
	D	583731	4386420	875

Para determinar **la zona de protección próxima o de restricciones máximas se puede establecer como método el de radio en función del tiempo de tránsito** (IGME, 1991):

La ecuación volumétrica es la siguiente:

$$Qt = m * H \pi R^2$$

$H \pi R^2 =$ Volumen total del cilindro

$m * H \pi R^2 =$ Volumen de agua contenido

Siendo:

Q = caudal bombeado

I = tiempo de tránsito hasta la captación

m = porosidad eficaz del acuífero

H = espesor saturado en la captación

R =radio del perímetro de protección

Si consideramos un caudal bombeado de 1 L/s, un tiempo de tránsito de 50 días, la porosidad eficaz estimada para un acuífero libre cretácico carbonatado es de 0.02 (Villanueva e Iglesias, 1984) y un espesor saturado de 60 m, el radio del perímetro de protecciones máximas obtenido es de 35 m para VALVERDEJO-IV, aplicando igual criterio para VALVERDEJO I (figura 7, 9). Dicho radio es aproximadamente 15 m mayor que el propuesto para la protección absoluta y formará un cuadrado de 35m x 35m. Para VALVERDEJO II se ha considerado un caudal de 3 L/s, obteniéndose un radio de 60 m (tabla 6). Así el perímetro para las tres captaciones queda como se refleja en las figuras y tabla 6 (figura 8).

Tabla 6. Poligonal envolvente del perímetro de protección de restricciones máximas.

	N° PUNTO	COORDENADAS UTM (X)	COORDENADAS UTM (Y)	Z (m s.n.m.)
VALVERDEJO-I	A	584055	4387187	910
	B	584114	4387187	910
	C	584114	4387140	910
	D	584055	4387140	910
VALVERDEJO-II	A	584020	4386634	895
	B	584020	4386522	895
	C	584160	4386522	895
	D	584160	4386634	895
VALVERDEJO-IV	A	583680	4386445	880
	B	583680	4386370	880
	C	583750	4386370	880
	D	583750	4386445	880

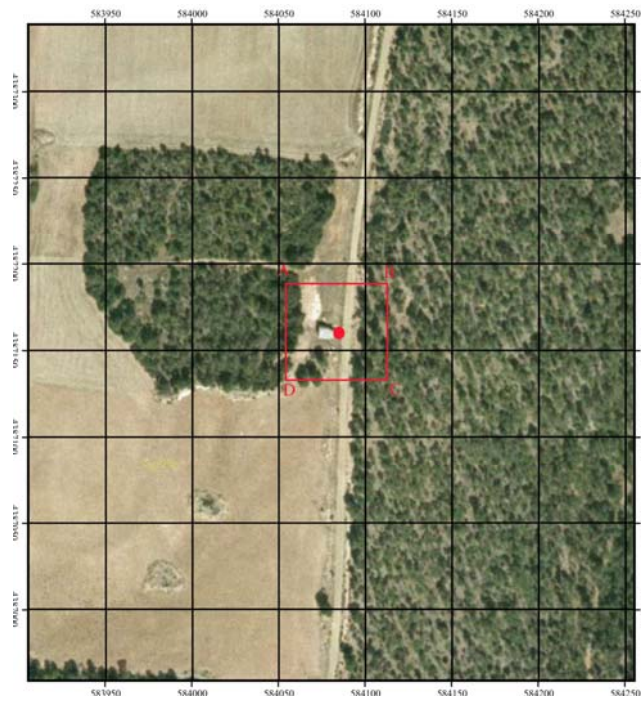


Figura 7. Perímetro de protección con restricciones máximas propuesto para VALVERDEJO-I.

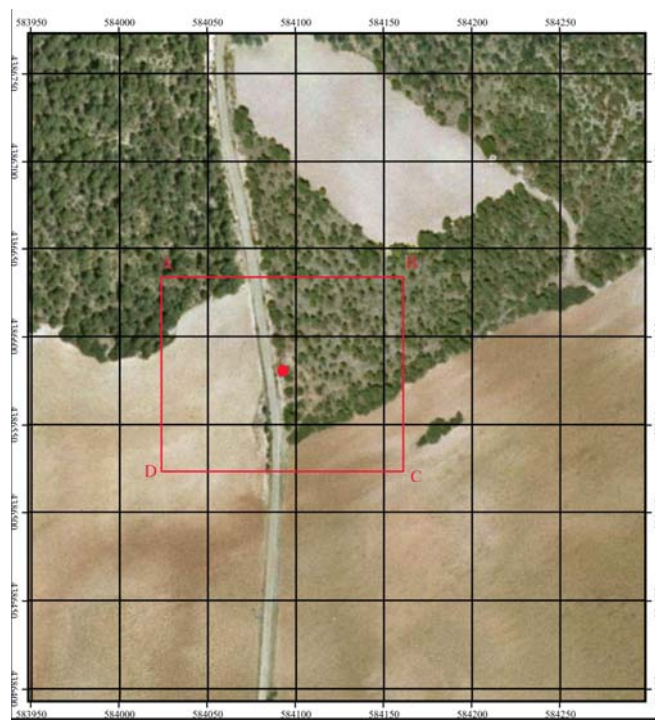


Figura 8. Perímetro de protección con restricciones máximas propuesto para VALVERDEJO-II.

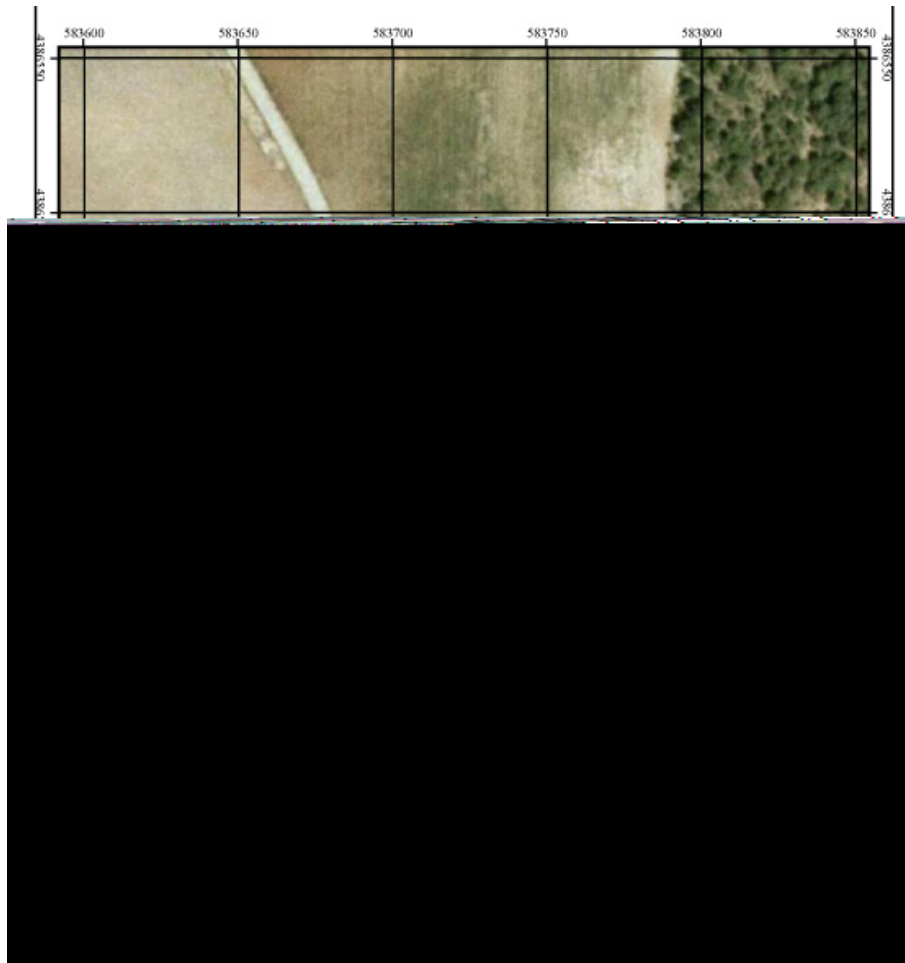


Figura 8. Perímetro de protección con restricciones máximas propuesto para VALVERDEJO-IV.

Para la definición de la **zona alejada o de restricciones moderadas**, se van a tener en cuenta los tres sondeos municipales: VALVERDEJO-IV, VALVERDEJO-II, actualmente en desuso por problemas de calidad y para el que se recomienda rehabilitación y el sondeo VALVERDEJO-I, actual abastecimiento de la población. Para cada uno de ellos, se han tomado los siguientes datos para hallar el perímetro de protecciones moderadas para un tiempo de tránsito de 5 años. Los parámetros empleados se recogen en la tabla 7.

	Q(l/s) explotación	b (m)	ζ m	T (m ² /día)	Radio perímetro (m)	Cota piezométrica (m s.n.m.)
VALVERDEJO-I	2	32	0,02	35	400	712,58
VALVERDEJO-II	3	100	0,02	15	275	749,8 730,7
VALVERDEJO-IV	1	60	0,02	4	205	717

Tabla 7. Parámetros considerados para el cálculo del perímetro de protecciones moderadas Leyenda: Q-caudal; b-espesor saturado, T-transmisividad).

Considerando que la dirección de flujo es hacia el O-SO, se ha trazado un perímetro de protecciones moderadas (figura 9) que englobe a las tres captaciones de coordenadas las mostradas en la tabla 8.

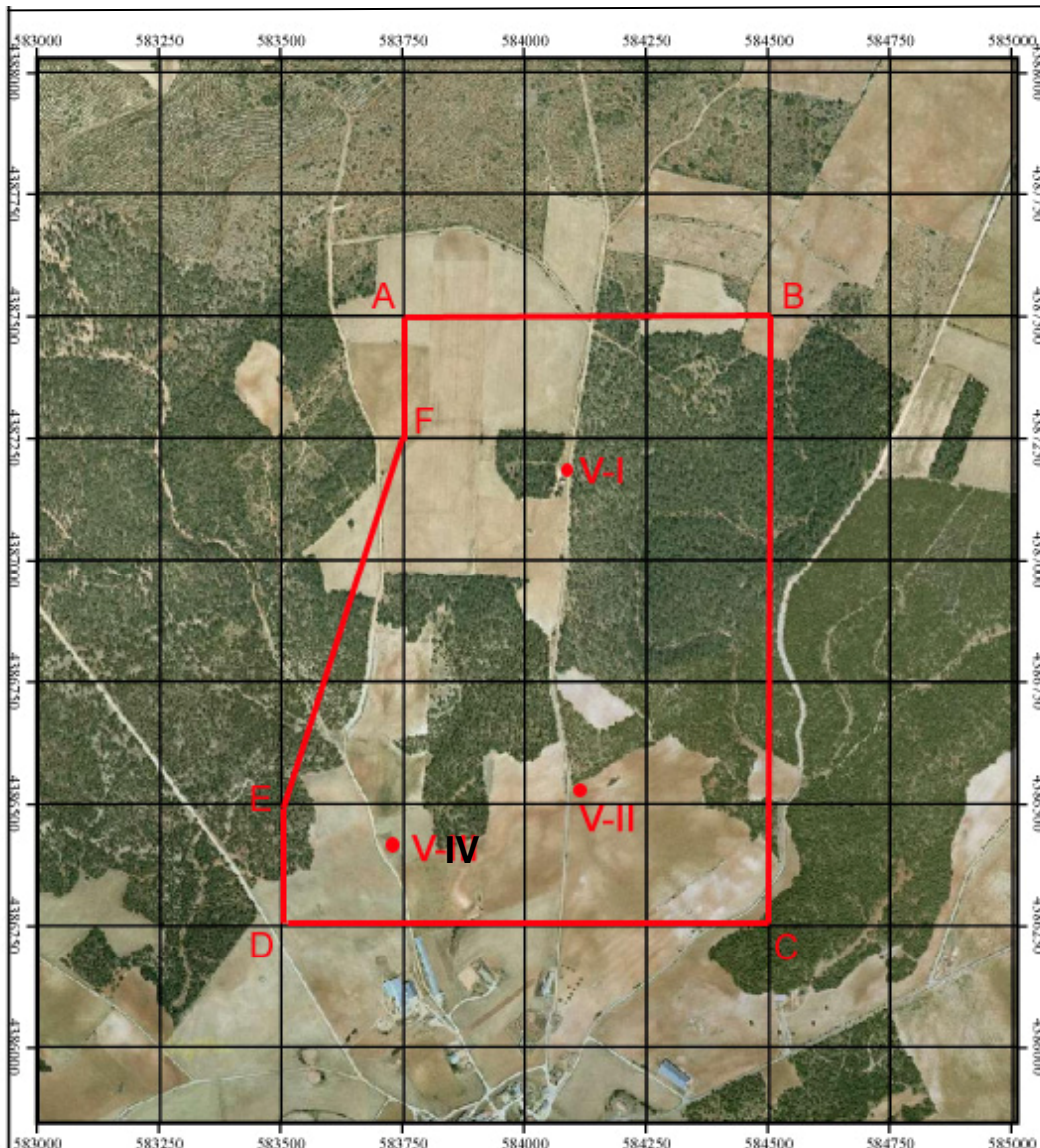


Figura 9. Propuesta de perímetro de protección con restricciones moderadas.

El perímetro de protección de la cantidad se recomienda coincida con el perímetro propuesto para la zona de protecciones moderadas y englobe a las tres captaciones municipales. Dentro de dicho perímetro se perforó un sondeo en previsión de la instalación de unas colonias infantiles, que aún no se ha puesto en funcionamiento. Previo a su utilización, se ha de realizar un ensayo de bombeo y un informe técnico con los caudales de explotación máximos permitidos para que no afecte negativamente a los sondeos municipales.

Tabla 8. Poligonal envolvente del perímetro de protección moderada de la calidad y de la cantidad propuesto.

	Nº PUNTO	COORDENADAS UTM (X)	COORDENADAS UTM (Y)	Z (m s.n.m.)
ZONA DE RESTRICCIONES MODERADAS	A	583750	4387500	920
	B	584500	4387500	910
	C	584500	4386250	875
	D	583500	4386750	890
	E	583500	4386500	890
	F	583750	4387250	900

Las actividades a restringir en las distintas zonas del perímetro se recogen en la tabla 9.

Dentro del **perímetro de protecciones máximas** queda prohibida toda actividad relacionada con actividades agrícolas, ganaderas, e industriales y todo tipo de vertidos.

En la zona establecida como de **protección moderada** de la calidad estarán prohibidos los vertidos de aguas residuales urbanas en fosas sépticas y cauces públicos, vertederos y vertidos industriales. Los vertidos superficiales de aguas residuales urbanas sobre el terreno tendrán que estar sujetos a supervisión técnica. La ganadería extensiva está permitida. La ganadería intensiva así como la agricultura estará sometida a un Código de buenas prácticas agrarias y ganaderas que aseguren el correcto uso de fertilizantes y herbicidas, vertidos de restos de animales, almacenamiento de estiércol, etc, de manera que la calidad del agua no se vea afectada. Así mismo, el permiso para asentamiento de cementerios, industrias, canteras o campings deberá estar sujeta a un informe técnico previo.

	DEFINICIÓN DE ACTIVIDADES	ZONA DE RESTRICCIONES ABSOLUTAS	ZONA DE RESTRICCIONES MÁXIMAS			ZONA DE RESTRICCIONES MODERADAS		
		Prohibido	Prohib.	Cond.*	Permit.	Prohib.	Cond.*	Permit.
ACTIVIDADES AGRÍCOLAS	Uso de fertilizantes	•	•				•	
	Uso de herbicidas	•	•				•	
	Uso de pesticidas	•	•				•	
	Almacenamiento de estiércol	•	•				•	
	Vertido de restos de animales	•	•				•	
	Ganadería intensiva	•	•				•	
	Ganadería extensiva	•	•					•
	Almacenamiento de materias fermentables para alimentación del ganado	•	•				•	
	Abrevaderos y refugios de ganado	•	•				•	
	Silos	•	•				•	
ACTIVIDADES URBANAS	Vertidos superficiales de aguas residuales urbanas sobre el terreno	•	•				•	
	Vertidos de aguas residuales urbanas en fosas sépticas, pozos negros o balsas	•	•			•		
	Vertidos de aguas residuales urbanas en cauces públicos	•	•			•		
	Vertido de residuos sólidos urbanos	•	•			•		
	Cementerios	•	•				•	
ACTIVIDADES INDUSTRIALES	Asentamientos industriales	•	•				•	
	Vertido de residuos líquidos industriales	•	•			•		
	Vertido de residuos sólidos industriales	•	•			•		
	Almacenamiento de hidrocarburos	•	•				•	
	Depósito de productos radiactivos	•	•			•		
	Inyección de residuos industriales en pozos y sondeos	•	•			•		
	Conducciones de líquido industrial	•	•			•		
	Conducciones de hidrocarburos	•	•			•		
	Apertura y explotación de canteras	•	•				•	
	Relleno de canteras o excavaciones	•	•				•	
OTRAS	Campings	•	•				•	
	Acceso peatonal	•			•			•
	Transporte redes de comunicación	•		•			•	

* El proyecto de actividades deberá incluir informe técnico sobre las condiciones que debe cumplir para no alterar la calidad existente del agua subterránea.

Tabla 9. Definición de las actividades restringidas o condicionadas dentro de cada perímetro de protección

Madrid, mayo de 2007

Los autores del informe

Fdo. Esther Alonso y Marc Martínez

4. BIBLIOGRAFÍA

IGME (1991): Guía metodológica para la elaboración de perímetros de protección de captaciones de aguas subterráneas.

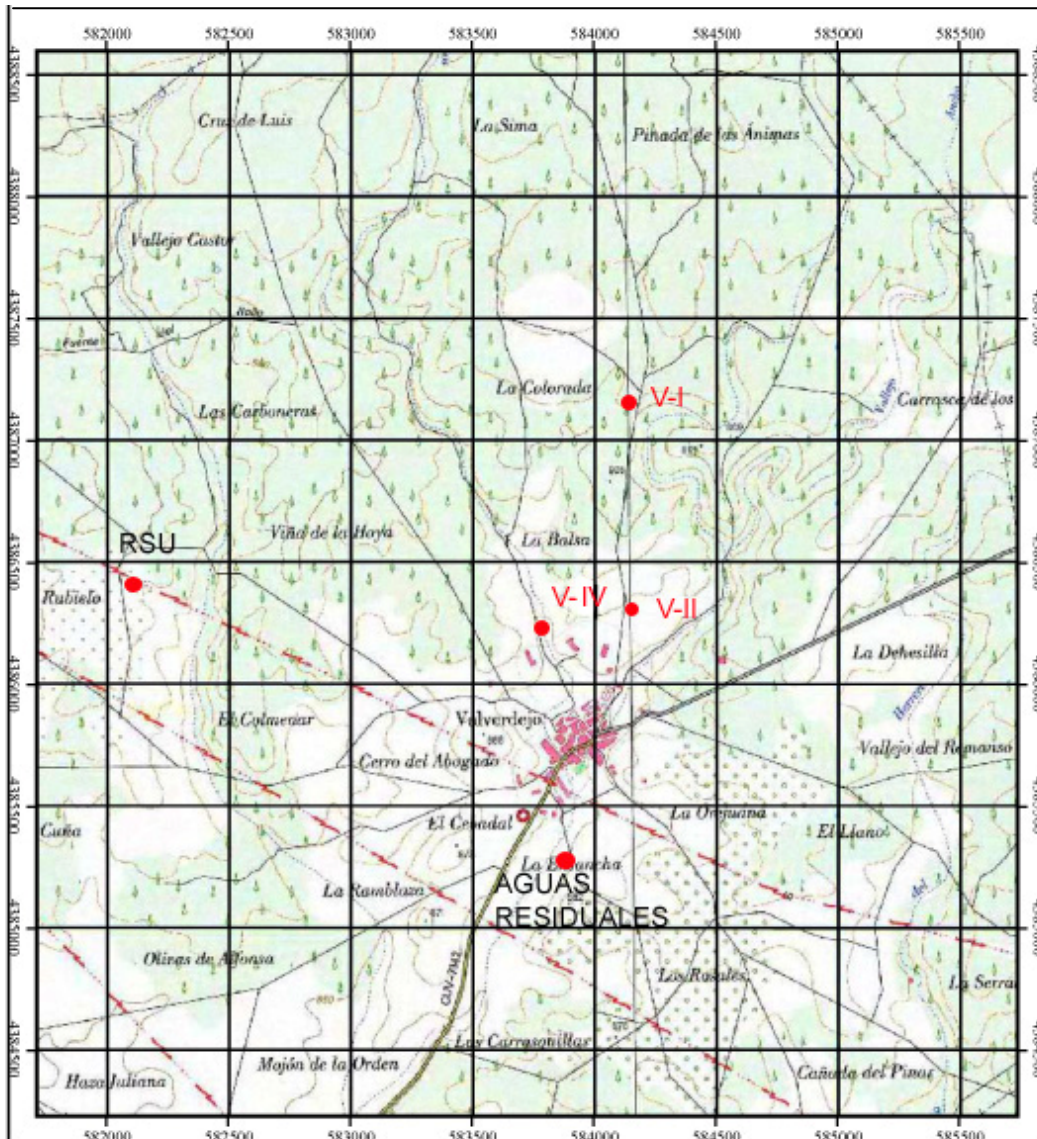
IGME-CHJ (1992): Propuesta de normas de explotación de Unidades Hidrogeológicas en el sistema hidráulico Alarcón-Contreras. 1991-1992.

Villanueva, M; Iglesias, A; (1984): Pozos y acuíferos. Técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo. IGME .

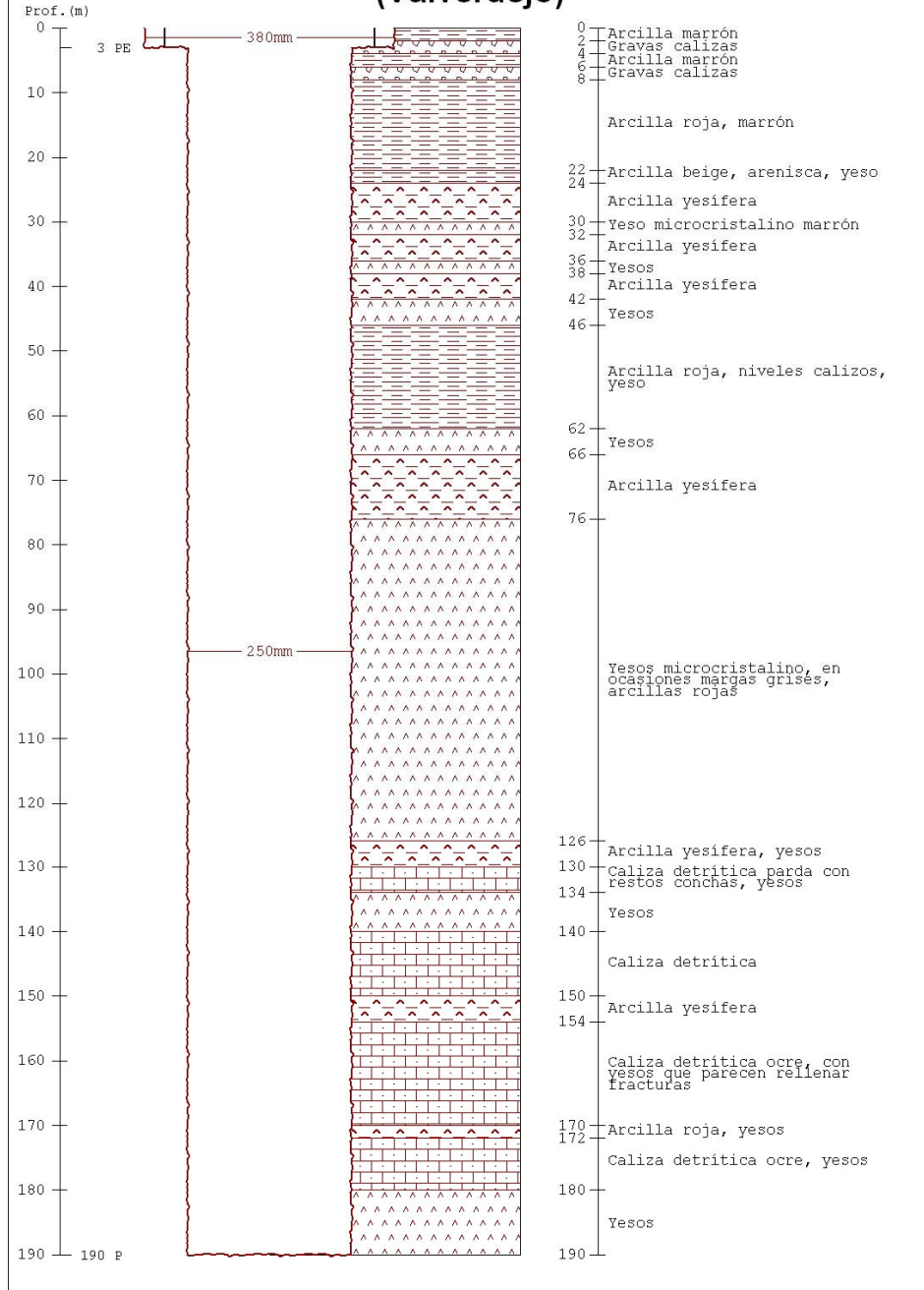
ANEXOS

**MAPA DE SITUACIÓN
ESQUEMA DE LOS SONDEOS**

MAPA DE SITUACIÓN



CROQUIS DE POZO VALVERDEJO III (Valverdejo)



CROQUIS DE POZO VALVERDEJO IV (Valverdejo)

