

**INFORME FINAL DEL SONDEO DE
INVESTIGACION PARA EL ABASTECIMIENTO
DE AGUA POTABLE A LA LOCALIDAD DE
PINAREJO (CUENCA) Y PROPUESTA
DE PERÍMETRO DE PROTECCIÓN**

Mayo 2007

Sondeo: Pinarejo -1

Término municipal: Pinarejo **Provincia:** Cuenca

Sonda/contratista: RotoperCUSión /EDASU

SITUACIÓN:

Hoja topográfica: 690 Santa María del Campo Rus

Número Hoja/octante: 2327/2

Coordenadas U.T.M.: X:549353 Y: 4386972

Cota aproximada: 915 m s.n.m.

CARACTERÍSTICAS:

Profundidad: 250 m

Referencias topográficas: A un km al N de Pinarejo

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivo

2. RECONOCIMIENTO GEOFÍSICO DEL SONDEO “PINAREJO-IRYDA” POR TV

3. EJECUCIÓN DEL SONDEO

3.1. Situación

3.2. Características específicas de la obra

2.2.1. Consideraciones constructivas

2.2.2. Perfil litológico

2.2.3. Acondicionamiento de la obra

2.2.4. Hidroquímica

2.2.5. Consideraciones hidrogeológicas

2.2.6. Resultados del ensayo de bombeo

3.3. Resultados obtenidos

4. PROPUESTA DEL PERÍMETRO DE PROTECCIÓN

4.1. Marco hidrogeológico regional

4.2. Marco Hidrogeológico local

4.3. Vulnerabilidad del acuífero

4.3.1. Inventario de focos de contaminación

4.3.2. Estimación de la vulnerabilidad

4.4. Perímetro de protección de las captaciones

5. BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

MAPA DE SITUACIÓN

ESQUEMA DEL SONDEO

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 mayo de 2005 se redactó el *"Informe hidrogeológico para la mejora del abastecimiento de agua potable del municipio de Pinarejo (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 la demanda máxima de agua del municipio de Pinarejo, cifrada en 4.62 L/s. Para ello se recomendó la posibilidad de recuperar el sondeo del IRYDA, aunque previamente se debía realizar un reconocimiento con TV para ver el estado en el que se encontraba y un ensayo de bombeo para conocer el caudal y la calidad química del agua que puede proporcionar. Tras dicha inspección, se decidió perforar un sondeo en las proximidades del anterior.

2. RECONOCIMIENTO GEOFÍSICO DEL SONDEO “PINAREJO-IRYDA” POR TV

SONDEOS MARTINEZ S.L. en junio de 2006 se realizó el reconocimiento geofísico del sondeo situado en coordenadas **X:549353 Y:4386972** y cota topográfica de 915 m s.n.m., con una profundidad de 400 m.

En el reconocimiento se observaron los siguientes hechos:

- A 51.45 m la tubería tiene roces.
- A los 60 m parece desviarse el sondeo.
- En el metro 127.25 entra el agua por una “oreja” de la tubería, mal soldada.
- En el metro 136.5 entra mucho agua por una soldadura transversal.
- La entubación se acaba en el metro 157.
- Se observan cavernas a distintas profundidades como en el metro 160.66.
- El nivel estático se encuentra en el metro 162.
- A partir del metro 166 no se puede proseguir por estar lleno de piedras.

Tras este reconocimiento se decidió perforar un nuevo sondeo en las proximidades, ya que el sondeo viejo, con la desviación y el taponamiento no resultaba recomendable de recuperar (figura 1).

3. EJECUCIÓN DEL SONDEO

3.1. Situación

El sondeo PINAREJO-1 se ubicó a un km al Norte de la población. Esta ubicación corresponde a un punto de la hoja n° 690 "Santa María de Campo de Rus" de coordenadas U.T.M. X:549353 Y:4386972 y una cota aproximada de 915 (+/-) 10 m s.n.m.

3.2. Características específicas de la obra

3.2.1. Consideraciones constructivas

La ejecución del sondeo se realizó durante la segunda quincena de julio de 2006 (Fotos 1 y 2) mediante método de rotopercusión con martillo en fondo.



Fotos 1 y 2. Perforación a rotopercusión del sondeo PINAREJO-1



La perforación del sondeo se inicia con un diámetro de emboquille de 0-6 m de 500 mm, posteriormente se perforó hasta 160 m con un diámetro de 400 mm y de 315 mm de 160-212 m. El tramo de 212-250 m se perforó con 220 mm.

3.2.2. Perfil litológico

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

Se perforaron los siguientes materiales:

- 0- 8 m Caliza blanca micrítica.
- 8- 10 m Margas ocre y verdes.
- 10- 14 m Margas grises.
- 14- 22 m Caliza gris con pátinas ocre y margas grises.
- 20- 38 m Caliza gris-azulada y marrón micrítica con margas verdes y pardas a base.
- 38- 54 m Caliza recristalizada blanca-rosácea, marrón.
- 54- 56 m Caliza con abundantes disoluciones y recristalizaciones.
- 56- 58 m Caliza dolomítica recristalizada marrón.
- 58- 64 m Caliza micrítica gris con pátinas rojas de fracturación.
- 64- 72 m Calizas recristalizadas ocre con pátinas rojizas.
- 72- 74 m Caliza granuda rosada-ocre.
- 74- 76 m Caliza micrítica gris, con pátinas ocre.
- 76- 80 m Calizas recristalizadas ocre con pátinas rojizas.
- 80- 84 m Caliza granuda gris.
- 84- 92 m Caliza dolomítica gris clara micrítica.
- 92- 95 m Caliza recristalizada blanca y ocre con abundantes recristalizaciones.
- 95-100 m Caliza margosa gris clara.
- 100-102 m Arcilla roja y marrón.
- 102-108 m Caliza margosa gris clara.
- 108-126 m Marga dolomítica gris-ocre y negras, con niveles dolomíticos con disoluciones.
- 126-136 m Margas verdes y grises.
- 136-142 m Margas azules y arenas medias.
- 142-150 m Arenas finas y medias.
- 150-154 m Dolomía recristalizada blanca.
- 154-158 m Dolomía margosa gris y ocre.
- 158-160 m Caliza dolomítica recristalizada blanca.
- 160-162 m Margas verdes y areniscas gris pardas.

- 162- 166 m Dolomía recristalizada marrón.
- 166- 180 m Caliza recristalizada y esparítica con abundantes recristalizaciones.
- 180- 182 m Arcillas ocre y verdes, caliza recristalizada.
- 182- 186 m Caliza recristalizada parda y granuda marrón.
- 186- 192 m Dolomía recristalizada blanca, rosácea y marrón, con tramos calizo-dolomíticos.
- 192- 198 m Caliza granuda blanca, con abundantes recristalizaciones.
- 198- 208 m Dolomía recristalizada marrón, blanca con niveles arcillosos verdes.
- 208- 220 m Caliza dolomítica granuda recristalizada marrón.
- 220-232 m Caliza y dolomía recristalizada gris-marrón, blanca.
- 232-236 m Margas azules, arcillas ocre.
- 236-250 m Margas azules y calizas micríticas blancas con tonos rosáceos.

Las formaciones atravesadas parecen corresponder a:

- 0-126 m Depósitos carbonatados cretácicos.
- 126- 150 m Arenas y margas cretácicas.
- 150-250 m Carbonatos jurásicos.

3.2.3. Acondicionamiento de la obra

En el sondeo PINAREJO-1 se instalaron las siguientes tuberías definitivas (tabla 1). La tubería de 0-160 m se instaló para evitar la comunicación con el próximo sondeo del IRYDA. Posteriormente se acidificó y se cementaron 162 m.

TRAMO	DIÁMETRO (mm)
0-6 m	400
0-160 m	320
0-212 m	250
212-250 m	Sin entubar
TRAMOS CON TUBERÍA RAJADA	
162-212 m	

Tabla 1.- Detalle de los tipos de entubación

3.2.4. Hidroquímica

Se ha realizado un análisis físico-químico (tabla 2), que muestra un agua de facies bicarbonatada cálcica, con una conductividad de 602 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El contenido en nitratos es de 14 mg/L.

	15/12/05		15/12/05
DQO	0.5	Mg	47
Cl	11	Ca	78
SO ₄	28	pH	7.1
HCO ₃	402	NO ₂	0
NO ₃	14	NH ₄	0
Na	7	Conductividad	602

Tabla 2.- Componentes químicos (en mg/L) y conductividad (en $\mu\text{S}/\text{cm}$) del agua de “PINAREJO-1”.

3.2.5. Consideraciones hidrogeológicas

Desde el punto de vista hidrogeológico el sondeo afecta a los acuíferos cretácicos de la U.H. 04.01 "Sierra de Altomira", perteneciente a la cuenca del Guadiana. La profundidad del nivel piezométrico era de 161.40 m (22/08/2006) o una cota piezométrica de 718.6 m s.n.m.

3.2.6. Resultados del ensayo de bombeo

BOINS S.L. realizó un ensayo de bombeo tras la acidificación del 22 al 23 de agosto de 2006. Se realizaron 3 escalones: 4 h (4 L/s), 5 h (8 L/s) y 14 h (13 L/s). El resultado obtenido es poco interpretable. El descenso total es de 2.86 m. Una aproximación de la transmisividad puede ser del orden de 700 $\text{m}^2/\text{día}$. Para un descenso máximo de 3 m y un tiempo de bombeo de 90 días, el caudal de explotación recomendable es de 12 L/s.

3.3. Resultados obtenidos

El sondeo PINAREJO-1 alcanzó una profundidad de 250 m. Dicho sondeo se consideró positivo y, tras acidificarlo y realizar la prueba de bombeo, se recomienda un caudal de explotación de 12 L/s.

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.

4.PROPUUESTA DEL PERÍMETRO DE PROTECCIÓN

4.1. Marco hidrogeológico regional

Regionalmente, la zona estudiada se encuentra dentro de la U.H. 04.01 “Sierra de Altomira” (figura 2). El acuífero está constituido por rocas carbonatadas del Cretácico y Jurásico, con una potencia de hasta 1 100 m, siendo su permeabilidad en general alta. Los niveles piezométricos se encuentran entre 600-900 m s.n.m.

El sondeo PINAREJO-1 afecta a los depósitos carbonatados jurásicos con una cota piezométrica de 753,6 m.s.n.m. y cuyo techo se encuentra a una profundidad de 150 m.

El presente perímetro de protección se realiza para la captación de PINAREJO-1, prevista para el abastecimiento humano.

4.2. Marco hidrogeológico local

Las formaciones acuíferas existentes en la zona corresponden a formaciones carbonatadas jurásicas y carbonatos cretácicos (figura 3).

Las calizas cretácicas corresponden a las calizas y calizas dolomíticas del cretácico Superior. Su espesor teórico puede alcanzar los 175 m, aunque en La Montesina y el sondeo IRYDA no varía entre 137-139 m. Como acuífero está muy explotado, en 1994 se recomendó perforar el sondeo de La Montesina, para alcanzar al acuífero jurásico.

Aparte se han localizado en el sondeo IRYDA niveles colgados de agua atribuibles a estos depósitos, tomándose agua representada en la tabla 4.

CAPTACIÓN	COTA (m s.n.m.)	NAT	PROF (m)	PROF. NIVEL PIEZOMETRICO (m)/ COTA PIEZOMETRICA (m s.n.m.)	OBSERVACIONES
Sondeo IRYDA	880	S	382		Nivel colgado
La Montesina-viejo	735	S	92	72.7 (5/94)	

Tabla 3.- Inventario de los puntos de agua existentes que captan las aguas del acuífero cretácico. (nat.-naturaleza, prof.-profundidad, S-sondeo).

Hidroquímicamente las aguas corresponden a una facies mixta, bicarbonato-sulfatada cálcica, con contenidos en nitratos de 28 mg/L y conductividad en torno a 956 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (tabla 4).

CAPTACIÓN	Fecha	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃	Na	Mg	Ca	Conductividad
La Montesina-viejo	5/94	16	280	300	28	11	21	175	956

Tabla 4.- Características físico-químicas de las aguas captadas (concentraciones en mg/L, conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Las calizas jurásicas son captadas en La Montesina, en el sondeo IRYDA y en el sondeo PINAREJO-1. Las transmisividades deducidas para este último se encuentran

en torno a 700 m²/día. La cota piezométrica regional se encuentra entre 630-700 m s.n.m. (tabla 5).

CAPTACIÓN	COTA (m s.n.m.)	NAT.	PROF(m)	PROF. NIVEL PIEZOMETRICO (m)/ COTA PIEZOMETRICA (m s.n.m.)	USO	CAUDAL (L/s)
La Montesina	735	S	215	105 (8/94)	AU	13
Sondeo IRYDA	880	S	382	180 (5/04)		

Tabla 5.- Inventario de los puntos de agua existentes que captan las aguas del acuífero jurásico. (nat.- naturaleza, prof.-profundidad, S- sondeo, AU- abastecimiento urbano).

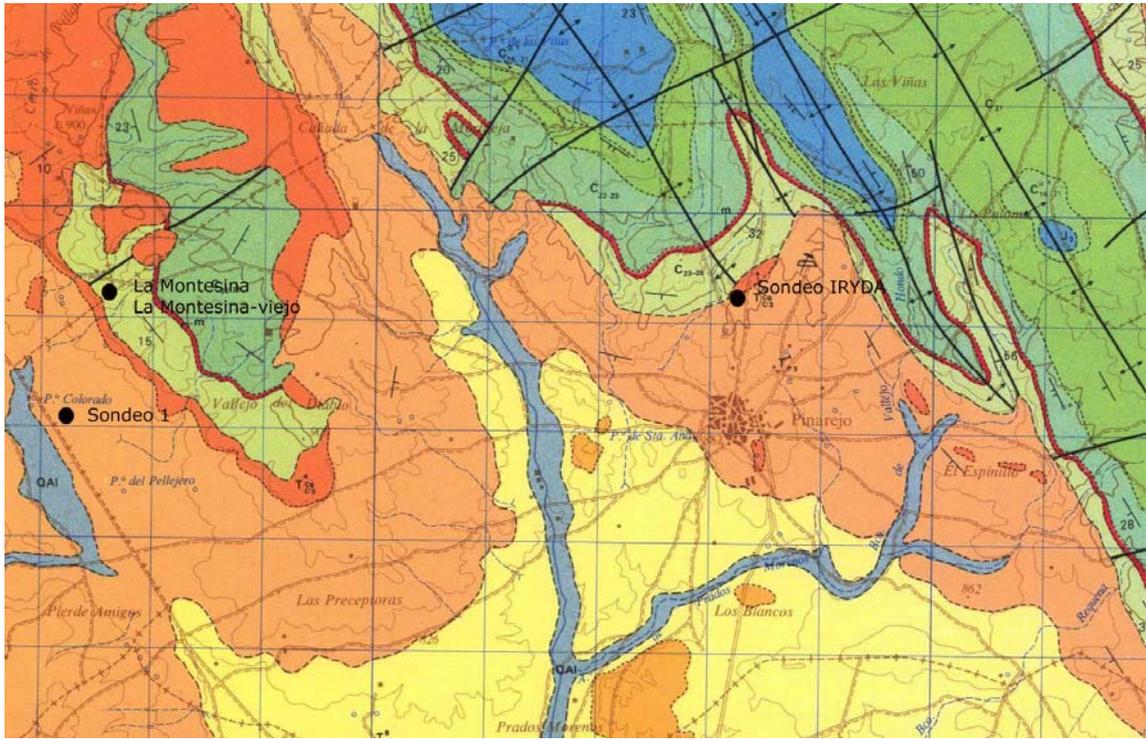
Las formaciones calizas que constituyen el acuífero explotado corresponden a las **calizas del Dogger** diferenciándose tres tramos, que de base a techo son calizas detríticas rojizas, dolomías compactas y dolomías de tonos grises. El espesor total de la formación se estima de 250 a 300 m, aunque en la zona de estudio solo se hacen visibles los 60 m superiores.

Estructuralmente, la zona posee unos suaves pliegues anticlinales y sinclinales de dirección NNO-SSE con buzamientos en torno a 15-20° en los flancos de los pliegues. (Ver mapa geológico en ANEXO). En el núcleo de los anticlinales al NE y E de Pinarejo afloran los materiales jurásicos, zona de recarga más próxima del sondeo PINAREJO-1.

Hidroquímicamente las aguas son de facies bicarbonatada cálcica, con contenidos bajos en nitratos (14-16 mg/L) (tabla 6).

CAPTACIÓN	Fecha	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃	Na	Mg	Ca	Conductividad
PINAREJO-1		11	28	402	14	7	47	78	602
La Montesina	5/05	9	96	320	14	6	34	94	601
Sondeo IRYDA	6/04		24		16				688
	5/05	33	27	462	15	18	49	88	718

Tabla 6.- Características físico-químicas de las aguas captadas (concentraciones en mg/L, conductividad en µS/cm).



LEYENDA

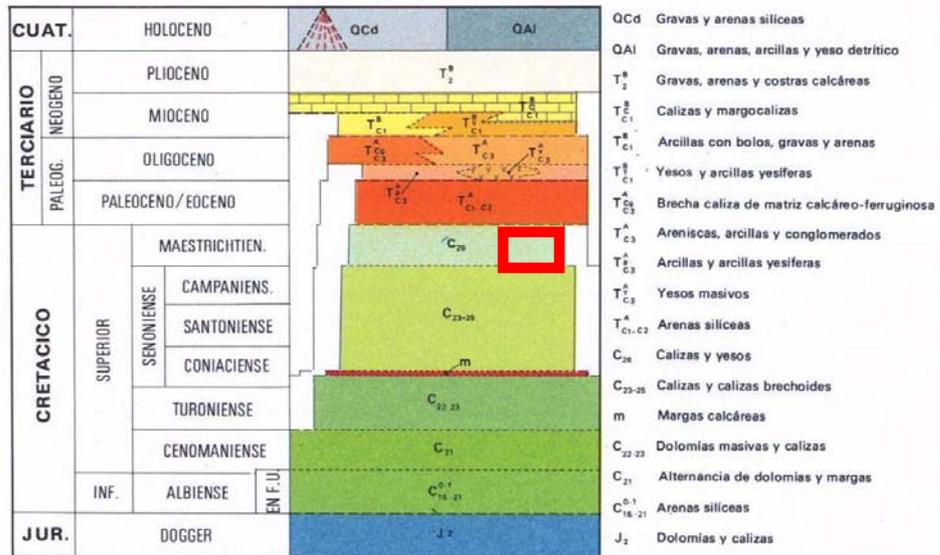


Figura 3.- Mapa geológico del área estudiada. El sondeo PINAREJO-1 se encuentra junto al sondeo IRYDA.

4.3 Vulnerabilidad del acuífero

4.3.1 Inventario de focos de contaminación

El entorno del Sondeo PINAREJO-1 es un área de campos de cereal y olivos. Las actividades agrarias desarrolladas en la zona podrían suponer una contaminación de tipo difuso por empleo de abonos y fitosanitarios. Otros focos de contaminación remarcables que se encuentran en el entorno son:

- Vertedero de inertes. Localización: X = 550101 Y = 4387484 y Superficie = 9600 m². Sitio a 300 m al NE del sondeo.
- Aguas residuales. Localización = X = 549582 Y = 4384141. Sitio a 1200 m al sur del sondeo.
- Granja de engorde de terneras. Localización X = 549634 Y = 4384791
- Cementerio. Localización X = 549329 Y = 4386290.

4.3.2. 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. Éste 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 7).

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 500 x 500 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 de vulnerabilidad se ha considerado el acuífero carbonatado jurásico que capta el sondeo, el cual sitúa su nivel piezométrico a 161,40 m de profundidad. Por encima del acuífero jurásico se encuentra otro acuífero más

superficial, de naturaleza también carbonatada y de edad cretácica. En las celdas con los materiales cretácicos aflorantes se aplicará a dichos materiales el índice DRASTIC.

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

- La profundidad del nivel piezométrico para el jurásico carbonatado se ha considerado el obtenido en el sondeo PINAREJO-1 (agosto de 2006), con profundidad de 161,40. Índice DRASTIC $D = 1$. Según datos regionales de potencias estimadas para los distintos materiales cretácicos así como realizando correlación con sondeos próximos que drenan estos materiales, se ha considerado un índice Drastic para la profundidad del acuífero Cretácico >30 m, con $D=1$.
- Respecto a la recarga se ha tomado una infiltración de $235 \text{ hm}^3/\text{año}$ para una superficie de 5000 km^2 . La recarga resultante es de unos 50 mm. , y el índice DRASTIC $R = 1$ tanto para el acuífero jurásico como el cretácico.
- Para la litología de ambos acuíferos se ha considerado un índice DRASTIC $A=9$ correspondiente a calizas y dolomías karstificadas en su mayoría.
- Para el suelo se ha considerado el caso más desfavorable, el de suelo ausente $S=10$.
- La estimación del índice DRASTIC para la topografía se ha realizado para cada celda, obteniéndose unos valores que oscilan entre $T=5$ (6-12% de pendiente) a $T=10$ (0-2%). La topografía en el área de estudio es mayoritariamente horizontal a subhorizontal correspondiéndose con un área de mesas y ligeras pendientes.
- El valor adjudicado al parámetro I (impacto de la zona no saturada) oscila de $I= 7-10$, 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 (arcillas, areniscas, conglomerados) y brechas calcáreas de matriz arcillosa, saturada esté constituida por materiales cretácicos carbonatados karstificados

(Fm. Ciudad Encantada, por ejemplo) y medio, medio-alto ($I = 8-9$) cuando se trate de materiales carbonatados de distinta naturaleza.

- Para la conductividad hidráulica en materiales jurásicos carbonatados se han utilizado los datos provenientes del ensayo de bombeo. Este ensayo da una transmisividad de $700 \text{ m}^2/\text{día}$. Suponiendo un espesor saturado de $70,6 \text{ m}$ la permeabilidad horizontal sería de 10 m/día . (Índice DRASTIC $C=2$). Para los materiales cretácicos se han tomado los valores provenientes del sondeo de Montalbo-1 que drenan esos mismos materiales y se encuentra a 35 km al NO de la zona de estudio.

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 7.- Índices de ponderación y valores del índice DRASTIC.

A) DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	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 LITOLÓGICA 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 4 se observa que **la vulnerabilidad es baja** para toda la zona de estudio excepto en aquellas zonas en las que los materiales carbonatados están cubiertos por los materiales terciarios. En este caso la vulnerabilidad del acuífero resulta ser **muy baja**. Para estimar el perímetro de protección se tendrá en cuenta la zona de recarga del acuífero y la dirección de flujo .

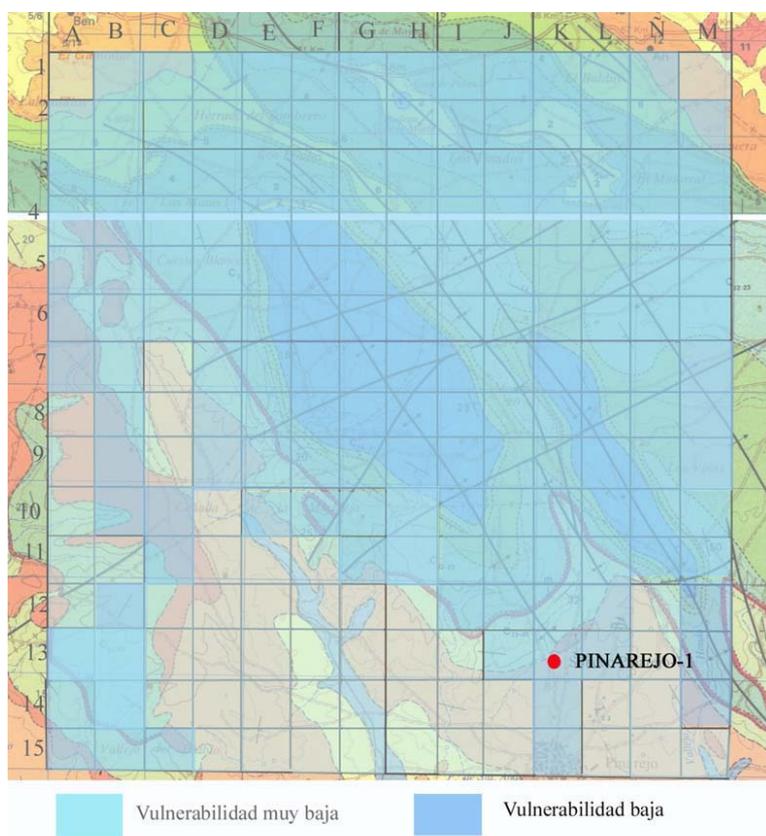


Figura 4 Mapa de estimación de la vulnerabilidad según el método DRASTIC.

4.4. Perímetro de protección de la captación

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.

No queda claro si el acuífero captado corresponde a uno de tipo confinado o a libre, ya que el nivel piezométrico se sitúa por debajo del posible techo del acuífero. El hecho de ser un acuífero con nivel piezométrico profundo implica que la protección del acuífero estaría favorecida por la ZNS y el suelo, así como por la intercepción de niveles calizos más superficiales y aislados en el sondeo nuevo.

Para la definición de **zona de restricciones absolutas** se propone aplicar un área fija que contemple el vallado y protección del área que englobe el nuevo sondeo y también el sondeo abandonado del IRYDA, sito a pocos metros de distancia.

Ambas 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 2 m y aislamiento del exterior. El sondeo del IRYDA, situado junto al nuevo sondeo, conecta el acuífero profundo jurásico con el cretácico, suponiendo un foco de posible contaminación. Se recomienda el sellado del sondeo del IRYDA mediante cementación de los primeros 140 m, protegiéndolo de posibles influencias externas o provenientes de los niveles calcáreos cretácicos. Desde la base del sondeo hasta el comienzo de la entubación se recomienda su relleno con grava.

El vallado propuesto corresponde a un rectángulo de 75m x 75m aproximadamente, con límite inferior un camino que conduce a campo de olivos. El límite superior penetra en campo de cereal (figura 5).

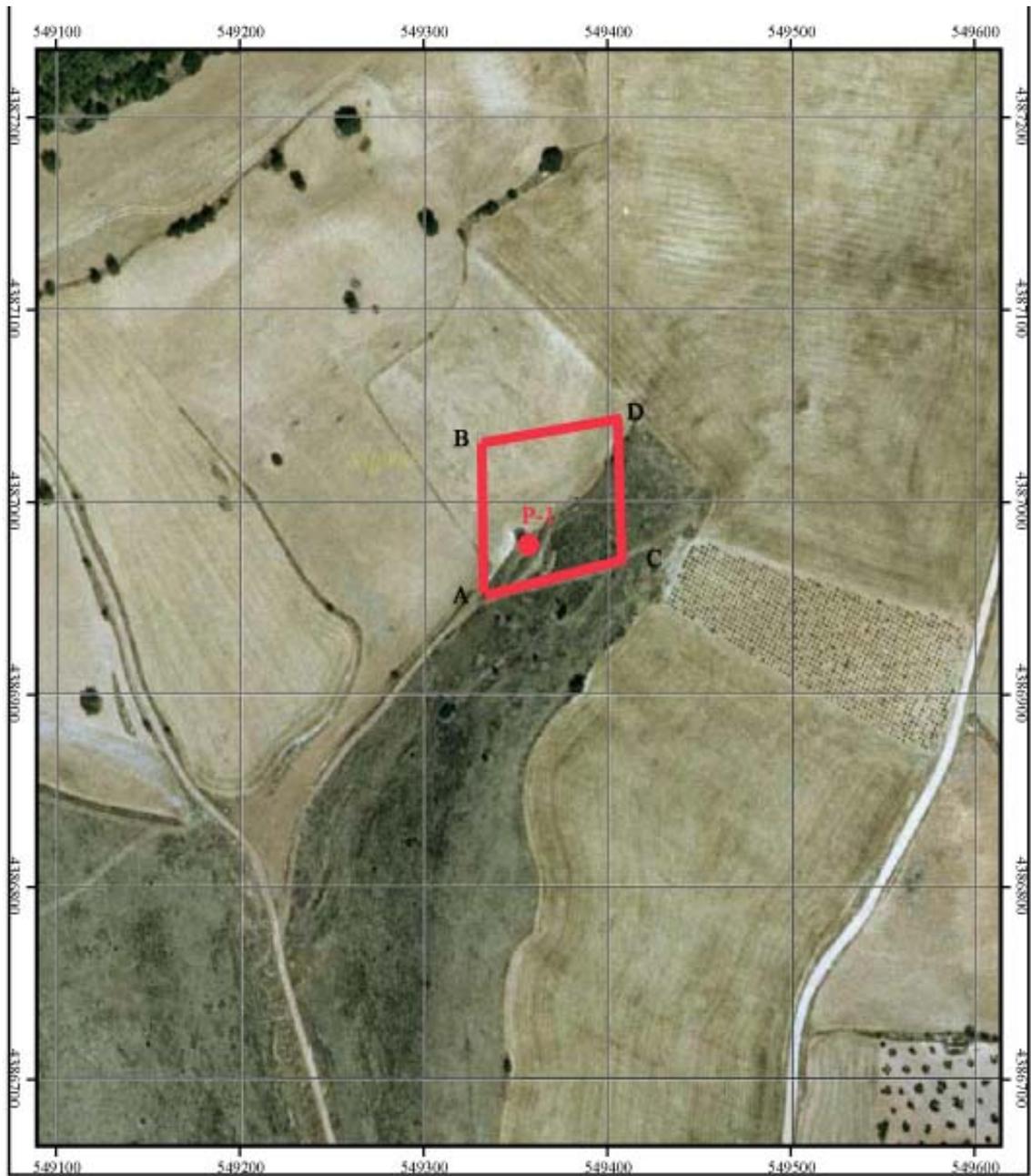


Figura 5. Propuesta de perímetro de protección con restricciones absolutas.

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 12 L/s, un tiempo de tránsito de 50 días, se ha supuesto un coeficiente de almacenamiento propio de un acuífero carbonatado confinado de $S = 0,0001$ y un espesor saturado del acuífero jurásico de 70,6 m. El radio de influencia del sondeo PINAREJO-1 obtenido para dichos parámetros es 1,5 km aproximadamente.

Basándonos en criterios hidrogeológicos suponiendo una dirección de flujo hacia el Sur, y en los resultados obtenidos en la cartografía de vulnerabilidad, se recomienda englobar como zona de protección máxima las zonas en las que afloran los materiales jurásicos, al ser ésta la zona de recarga más próxima al sondeo y con menor tiempo de tránsito, siempre que el sondeo del IRYDA esté convenientemente sellado (figura 6).

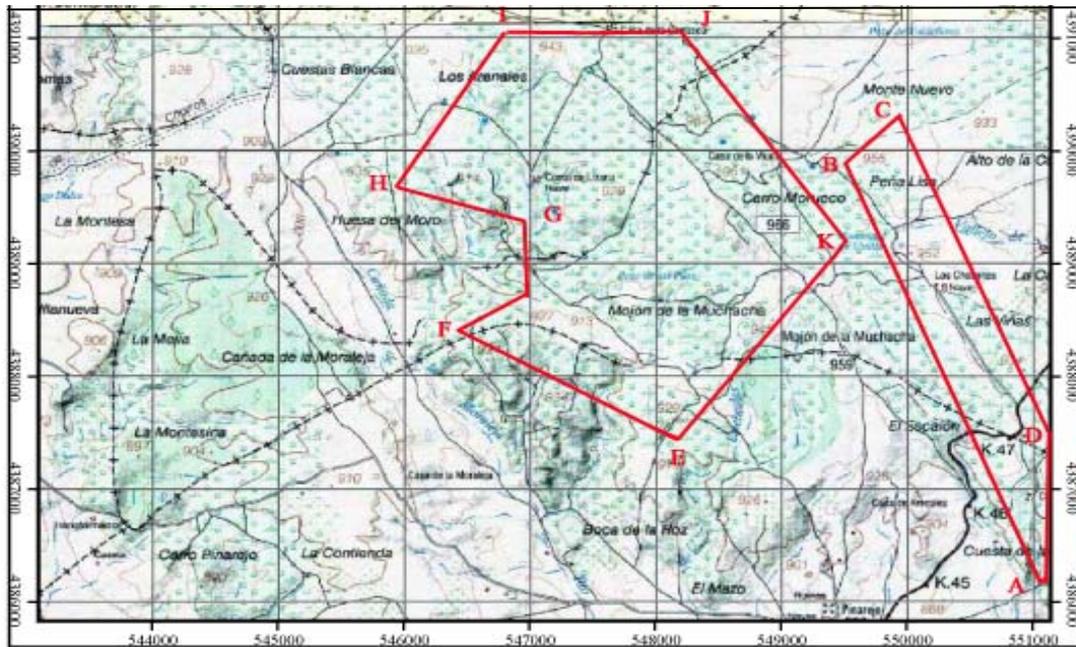


Figura 6. Propuesta de perímetro de protección con restricciones máximas.

En caso que el sondeo del IRYDA no se sellara, existiría conexión entre el acuífero jurásico y cretácico y la zona de protecciones máximas se centraría en la zona inmediata al sondeo, englobando también las zonas con el acuífero cretácico aflorante, dentro de un radio de 1,5 km aproximadamente (figura 7, foto 3).

El límite oriental coincide con el trazado del eje del anticlinal, suponiendo ésta una divisoria de aguas subterráneas.



Foto 3. Ubicación de los sondeos PINAREJO-1 y sondeo IRYDA (a sellar)

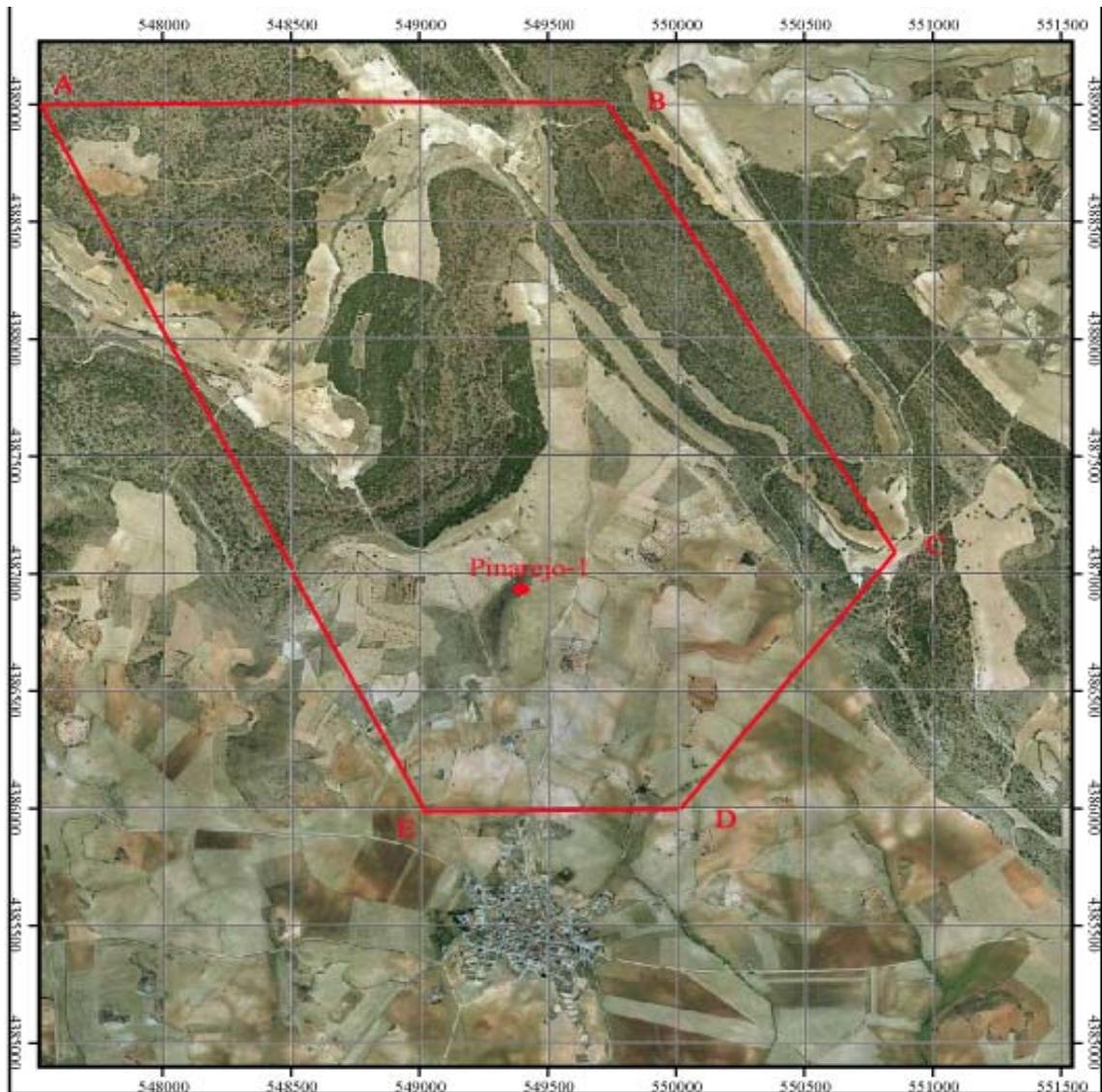


Figura 7. Propuesta de perímetro de protección con restricciones máximas en caso no se sellara sondeo del IRYDA..

Para la definición de la **zona alejada o de restricciones moderadas** se ha tomado el radio correspondiente para 4 años, correspondiendo a un radio de 8260 m. Este área se limitará en función de criterios hidrogeológicos (divisorias de aguas subterráneas, formaciones acuíferas suprayacentes, distinto grado de vulnerabilidad de las mismas, y topografía) y la dirección de flujo regional, que es hacia el Sur, por lo que aguas

abajo del sondeo se reduciría el perímetro. Este perímetro engloba toda la estructura anticlinal al norte y este del sondeo en el que afloran los materiales carbonatados jurásicos y cretácicos (figura 8).

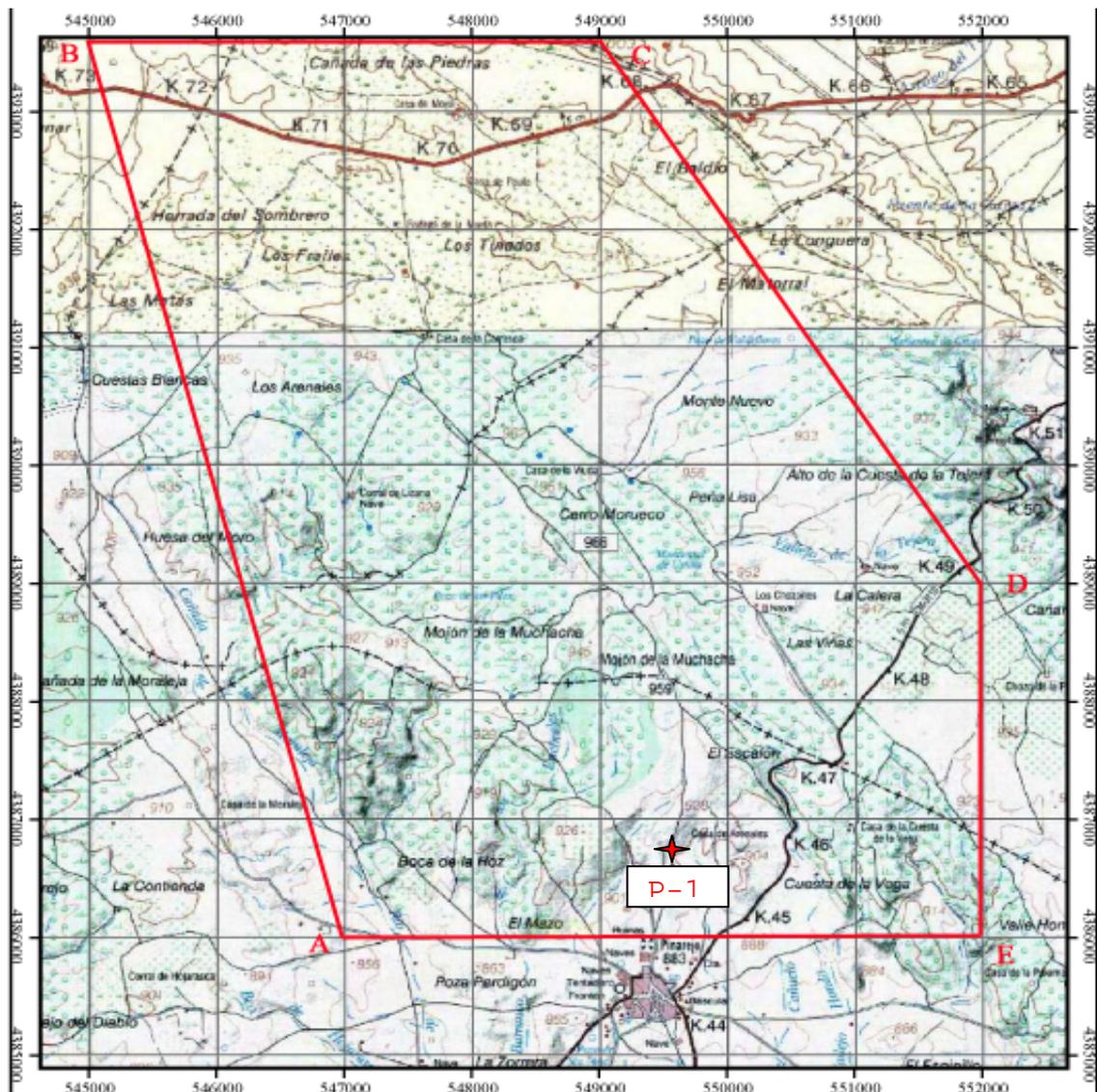


Figura 8. Propuesta de perímetro de protección con restricciones moderadas.

Respecto al **establecimiento del perímetro de protección de la cantidad** la zona es de cultivo y no existen otras captaciones próximas al sondeo. Como no se dispone de un inventario completo, se recomienda en un principio que el perímetro de protección de la

cantidad sea el mismo que la del área de restricciones moderadas. Los sondeos que se perforen dentro del perímetro de protección, no deben afectar al sondeo del Ayuntamiento, por lo que se les deberá exigir la realización de un ensayo de bombeo y controlar durante la realización del mismo que no afecte notablemente al sondeo municipal.

La definición de las poligonales envolventes que definen las zonas del perímetro para el Sondeo PINAREJO-1 se recogen en la tabla 8.

	Nº PUNTO	COORDENADAS UTM (X)	COORDENADAS UTM (Y)	Z (m s.n.m.)
ZONA DE RESTRICCI O-NES ABSOLUTA S	A	549330	4386957	915
	B	549330	4387031	920
	C	549405	4386973	918
	D	549394	4387054	920
ZONA DE RESTRICCIONES MÁXIMAS	A	551040	4386204	875
	B	549550	4389923	940
	C	549936	4390395	950
	D	550968	4387492	910
	E	548208	4387500	920
	F	546392	4388467	900
	G	546968	4389475	920
	H	545920	4389723	910
	I	546752	4391075	940
	J	548240	4391067	960
	K	549408	4389203	955
ZONA RESTRICCIONES MÁXIMAS (IRYDA SIN SELLAR)	A	547472	4389038	915
	B	549693	4389066	940
	C	550865	4387110	910
	D	550073	4386014	880
	E	549081	4385922	900
ZONA DE RESTRICCIONES MODERADAS	A	547000	4386000	850
	B	545000	4393500	940
	C	549000	4393500	1000
	D	552000	4389000	940
	E	552000	4386000	900

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

Las actividades a restringir en las distintas zonas del perímetro se recogen en la tabla 9. Según este cuadro, la presencia del cementerio y del vertedero de residuos inertes se considera prohibida al quedar incluida en la zona de protecciones máximas. Para evitar su cierre y/o traslado se recomienda sellar el sondeo del IRYDA para evitar comunicación entre ambos acuíferos.

Dentro de la zona de protecciones moderadas se ubica el vertedero de residuos inertes. Según las recomendaciones indicadas en la tabla, la permanencia del vertedero estaría condicionada al seguimiento y control del mismo por parte del ayuntamiento que asegurara el vertido de solamente residuos inertes.

	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 dentro del perímetro de protección restringidas o condicionadas.

Madrid, mayo de 2007

Los autores del informe

Fdo. Esther Alonso y Marc Martínez

4. BIBLIOGRAFÍA

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

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

ANEXOS

**MAPA DE SITUACIÓN
ESQUEMA DEL SONDEO**

CROQUIS DE POZO PINAREJO-1 (Pinarejo)

