

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

**Noviembre 2006**



**Sondeo:** POZOAMARGO-2

**Término municipal:** Pozoamargo **Provincia:** Cuenca

**Sonda/contratista:** Rotopercusión /EDASU

**SITUACIÓN:**

**Hoja topográfica:** N° 716 San Clemente

**Número Hoja/octante:** 2328/8

**Coordenadas U.T.M.:** X: 569016 Y: 4358303

**Cota aproximada:** 760 (+/-) 10 m s.n.m.

**CARACTERÍSTICAS:**

**Profundidad:** 190 m.

**Referencias topográficas:** Junto al depósito de agua viejo.

**Sondeo:** POZOAMARGO-3

**Término municipal:** Pozoamargo **Provincia:** Cuenca

**Sonda/contratista:** RotoperCUSión/ EDASU.

**SITUACIÓN:**

**Hoja topográfica:** N° 716 San Clemente

**Número Hoja/octante:** 2328/8

**Coordenadas U.T.M.:** X: 569125 Y: 4358050

**Cota aproximada:** 750 (+/-) 10 m s.n.m.

**CARACTERÍSTICAS:**

**Profundidad:** 166 m.

**Referencias topográficas:** Junto al Pozo de Arriba, a 200 m del POZOAMARGO-2.

## 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 de los ensayos de bombeo*

#### **2.3. Resultados obtenidos**

### **3.PROPOSTA DE LOS PERÍMETROS 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 del sondeo POZOAMARGO-3.**

### **4. BIBLIOGRAFÍA**

## ANEXOS

**MAPA DE SITUACIÓN**

**ESQUEMA DE LOS SONDEOS**

**ENSAYOS DE BOMBEO**



## **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 junio de 2004 se redactó el *“Informe hidrogeológico para la mejora del abastecimiento de agua potable del municipio de Pozoamargo (Cuenca)”*, en el que se recomendaba, de acuerdo con las características geológicas e hidrogeológicas de la zona, la perforación de un sondeo de investigación.

### **1.1. Objetivo**

El objetivo era obtener agua de buena calidad y con un caudal suficiente para atender o complementar la demanda máxima de agua, tanto actual como futura, cifrada en 1.2 L/s, para una población de 500 habitantes. Para ello se recomendó la perforación de un sondeo próximo al depósito antiguo (POZOAMARGO-2), que explotase los depósitos carbonatados cretácicos.

Al resultar negativo por su escaso caudal, se perforó POZOAMARGO-3.





## **2. EJECUCIÓN DE LOS SONDEOS**

### **2.1. Situación**

El sondeo POZOAMARGO-2 se ubicó en las afueras de la población, junto al antiguo depósito.

Esta ubicación corresponde a un punto de la hoja nº 716 de coordenadas U.T.M. **X:569016 Y:4358303** y cota aproximada de 760 (+/-10) m s.n.m.

El sondeo POZOAMARGO-3 se ubicó a unos 200 m del anterior, junto al denominado Pozo de Arriba.

Esta ubicación corresponde a un punto de la hoja nº 716 de coordenadas U.T.M. **X: 569125 Y: 4358050** y una cota aproximada de 750 (+/-) 10 m s.n.m.

### **2.2. Características específicas de las obras**

#### *2.2.1. Consideraciones constructivas*

La ejecución del sondeo POZOAMARGO-2 se perforó la primera semana de julio de 2006, con un diámetro de 385 mm (0-6 m) y de 220 mm (6-190 m).

La ejecución del sondeo POZOAMARGO-3 se perforó en la segunda quincena de julio de 2006 se realizó en dos fases; la 1ª, de investigación, con un diámetro de 220 mm y la 2ª, de obra definitiva, con un diámetro de 385 mm de 0-9 m y 9-166 m con 315 mm.

### 2.2.2. *Perfiles litológicos*

De acuerdo con el informe hidrogeológico previo realizado, los materiales atravesados en el sondeo POZOAMARGO-2 corresponden principalmente a materiales de edad cretácica.

Se perforaron los siguientes materiales:

- 0- 18 m Caliza blanca y gris micrítica con arcillas marrones y rojas, abundantes en fracturas.
- 18- 20 m Marga verde y ocre.
- 20- 52 m Caliza micrítica blanca y rosácea, margas verdes y grises.
- 52- 74 m Caliza gris micrítica, , arcillas rojas.
- 74- 78 m Caliza marrón oscura micrítica.
- 78- 84 m Caliza micrítica gris marrón, tonos rosáceos, arcillas rojas y grises.
- 84- 102 m Caliza blanca sacaroidea, tonos rosáceos.
- 102- 108 m Caliza micrítica gris y rosácea.
- 108- 112 m Caliza micrítica rosácea blanca, marrón, arcilla roja.
- 112- 116 m Caliza micrítica gris oscura.
- 116- 122 m Caliza brechoide blanca, gris, pátinas ocre. Abundante recristalización.
- 122- 128 m Caliza girs verdosa y violeta, con nieves margocalizos verdes.
- 128 -134 m Margas blancas y ocre.
- 134- 146 m Calizas margosas gris ocre.
- 146- 150 m Calizas dolomíticas micriticas grises.
- 150- 160 m Calizas micriticas gris y ocre.
- 160- 166 m Margas ocre.
- 166- 168 m Caliza micrítica gris rosácea y verdosa.
- 168- 172 m Caliza margosa gris blanca.
- 172- 174 m Marga ocre.
- 174- 176 m Caliza micrítica gris con abundantes recristalizaciones.
- 176- 178 m Caliza margosa gris y ocre.
- 178-184 m Arcilla verde, ocre y gris.
- 184- 186 m Arenisca fina.
- 186- 190 m Arcilla verde, caliza margosa gris.
- 190- 196 m Arenas gruesas y margas verdes ocre.

Las formaciones atravesadas parecen corresponden al Cretácico. Se atravesaron niveles acuíferos a 118-120 m con 1.5 L/s.

De acuerdo con el informe hidrogeológico previo realizado, los materiales atravesados en el sondeo POZOAMARGO-3 corresponden a materiales de edad cretácica.

Se perforaron los siguientes materiales:

- 0- 8 m Arcilla marrón y cantos calizos.
- 8- 10 m Cantos calizos.
- 10- 12 m Caliza micrítica blanca.
- 12- 14 m Arcilla muy roja..
- 14- 20 m Caliza micrítica gris, pátinas ocre.
- 20- 28 m Arcilla roja.
- 28- 52 m Caliza micrítica gris, con pátinas ocre.
- 52- 68 m Caliza micrítica gris, margas grises.
- 68- 70 m Arcilla roja y gris.
- 70- 72 m Caliza micrítica gris, margas grises.
- 72- 86 m Caliza micrítica blanca.
- 86-112 m Caliza recristalizada gris blanco y rosácea.
- 112-114 m Caliza micrítica gris ocre y rosácea.
- 114-124 m Caliza recristalizada blanca con pátinas rosáceas.
- 124-136 m Caliza gris clara micrítica, pátinas ocre.
- 136-146 m Caliza dolomítica gris y ocre, margas ocre.
- 146-148 m Margas dolomíticas amarillas.
- 148-154 m Calizas y dolomías micríticas gris claro.
- 154-158 m Margocalizas y margas gris ocre.
- 158-160 m Dolomía gris claro y margas ocre.
- 160-166 m Margas ocre y verdes.

Se cortó agua a 8-10 m (4 L/s) , 18-20 m (1 L/s), 51 m (2 L/s) y a 118-136 m y a 154-160 m.

### *2.2.3. Acondicionamiento de las obras*

En el sondeo POZOAMARGO-2 se dejó el emboquille (0-6 m de 320 mm) En POZOAMARGO-3 se entubó con tubería de acero de 320 mm el tramo de 0-9 m y de 0-166 m con 250 mm de diámetro, ranurándose en los tramos 52-58 m, 118-136 m y 154-160 m, cementándose los 25 primeros metros y el resto instalándose grava silícea.

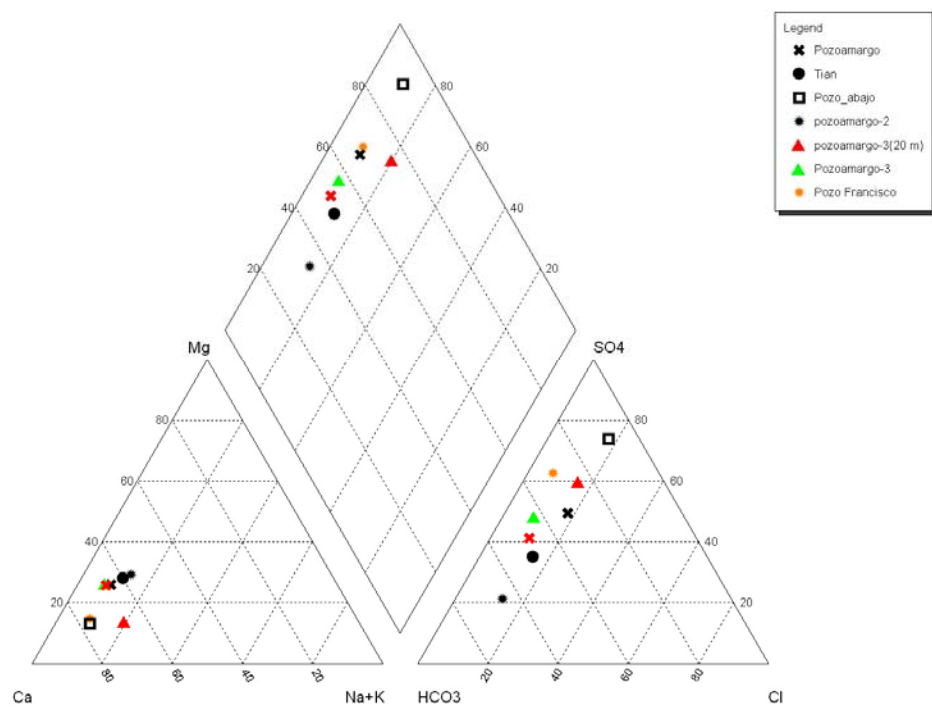
### *2.2.4. Hidroquímica*

Se han realizado diversos análisis físico-químicos (tabla 1), de los sondeos perforados, de la captación actual y de captaciones superficiales. Las captaciones y muestras que afectan a los niveles detríticos superficiales (Pozo Abajo, Pozo Francisco, nivel a 20 m de profundidad del sondeo Pozoamargo-3) muestran una alta contaminación, con presencia de nitratos de 56 a 196 mg/L, presencia de cloruros y también de fosfatos (0.09-0.15 mg/L). Las aguas son claramente de facies sulfatada cálcica, con elevadas conductividades (entre 1000-2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), evidenciando una contaminación de tipo antrópico.

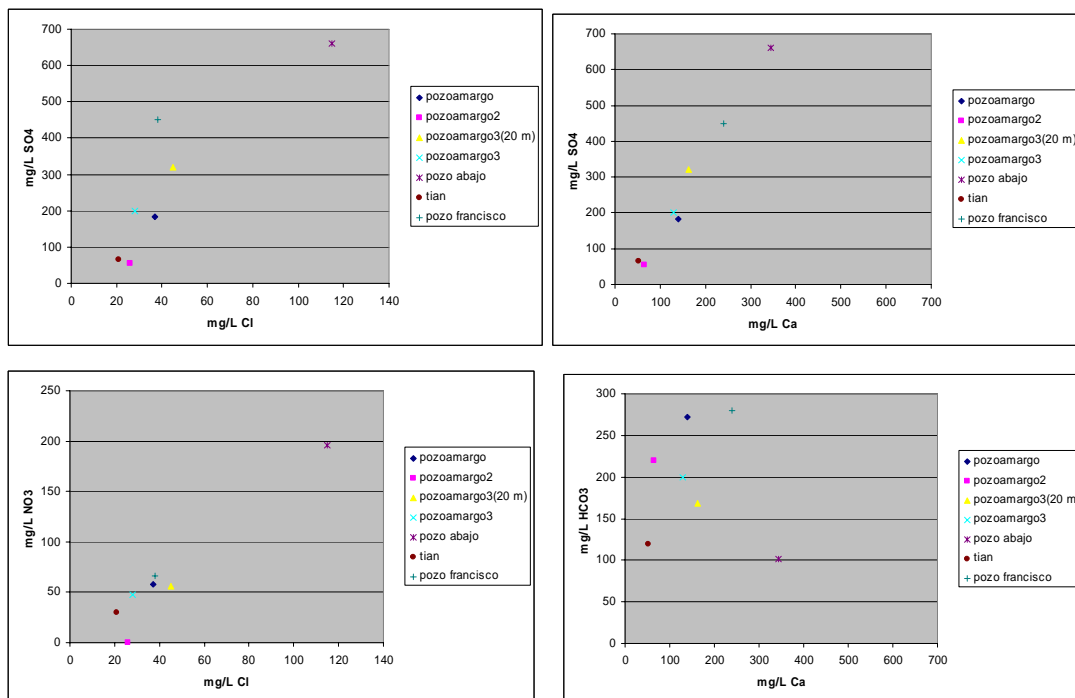
Las captaciones que afectan al acuífero carbonatado cretácico (Sondeo actual, Pozoamargo-2, Tian y Pozoamargo-3) parecen mostrar una línea de mezcla entre las aguas menos influidas por el acuífero superior (Pozoamargo-2 y Tian) hacia aguas de facies similares a las de los depósitos superiores. El sondeo Pozoamargo-2 es el que mejor calidad de agua muestra, con una conductividad del orden de 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

	Sondeo actual Pozoamargo	Sondeo Pozoamargo-2	Sondeo Pozoamargo -3 a 20 m	Sondeo Pozoamargo 3	Pozo abajo	Tian	Pozo Francisco
Fecha	14/7/06	14/7/06	14/7/06	24/7/06	17/3/04	17/3/04	14/7/06
DQO	0.7	13.7	63.4	0.7	1.7	0.9	1.3
Cl	37	26	45	28	115	21	38
SO <sub>4</sub>	184	56	320	200	660	66	450
HCO <sub>3</sub>	272	220	168	226	102	119	280
NO <sub>3</sub>	58	0	56	48	196	30	66
Na	19	17	54	17	50	12	32
Mg	33	20	20	31	35	15	28
Ca	140	65	162	130	344	53	240
pH	7.1	6.7	6.9	7	7.3	7.7	6.7
NO <sub>2</sub>	0	0.06	0.28	0	0	0	0
NH <sub>4</sub>	0	0.21	0.17	1.3	0	0	0.6
Conduc- tividad	784	464	1007	836	1914	636	1160

**Tabla 1.-** Componentes químicos (en mg/L) y conductividad (en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) de los sondeos perforados y del actualmente en funcionamiento.



**Figura 1.-** Diagrama de Piper-Hill-Langelier con la representación de las aguas de la zona de estudio y de los sondeos perforados.

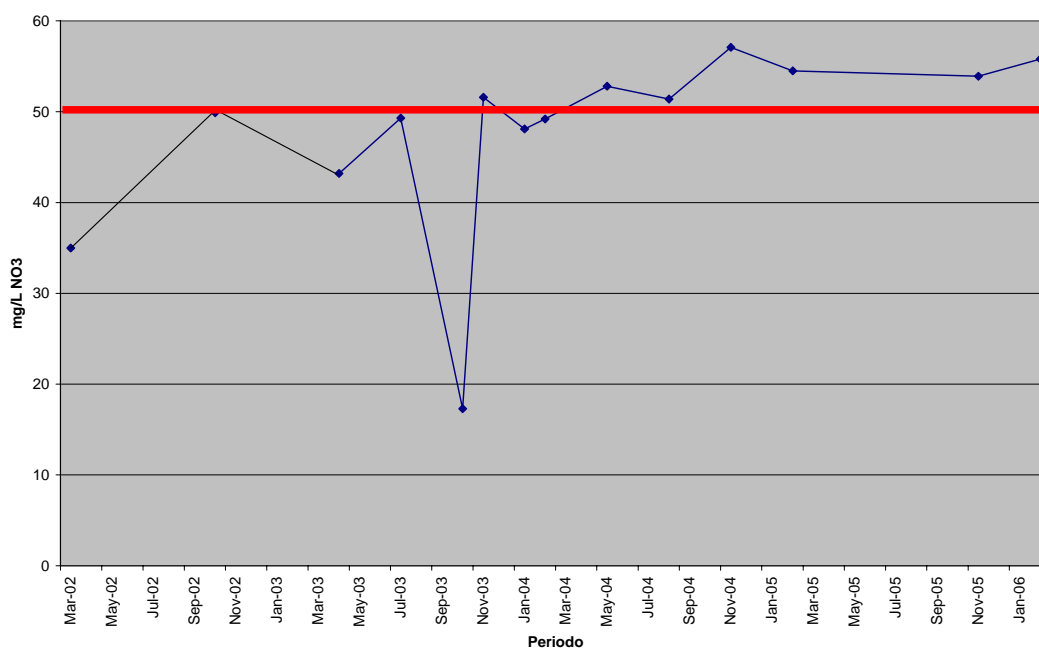


**Figuras 2, 3,4 y 5.-** Gráficos XY confrontando distintas especies iónicas.

En la figura 1 se observa una línea de mezcla entre las aguas de captaciones sin afectar por actividades antrópicas (Tian, Pozoamargo-2) hacia el Pozo de Abajo. El sondeo actual y el Pozoamargo-3 se parecen mucho químicamente y se encuentran en un término medio de esta hipotética línea de mezcla.

En las figuras 2, 3, 4 y 5 se observa una relación lineal y de mezcla entre  $SO_4/Cl$ ,  $Cl/NO_3$ ,  $SO_4/Ca$  que no se mantiene con  $HCO_3/Ca$ . Se observan varios grupos: Tian-POZOAMARGO-2 como las aguas sin influencia, Pozoamargo Actual y POZOAMARGO-3, y luego una línea hacia el Pozo Abajo.

El contenido de nitratos en las aguas del sondeo actual de abastecimiento (figura 6) muestra, desde mayo de 2002, un suave pero continuado incremento por encima de los 50 mg/L. Respecto al sondeo POZOAMARGO-2 la presencia en nitratos es baja y en POZOAMARGO-3, aunque inferior al contenido en nitratos de POZOAMARGO-1, es elevado, de 48 mg/L.



**Figura 6.-** Evolución del contenido en nitratos en las aguas del sondeo de abastecimiento actual.

### 2.2.5. Consideraciones hidrogeológicas

Desde el punto de vista hidrogeológico los sondeos POZOAMARGO-2 y POZOAMARGO-3 afectan a los acuíferos cretácicos dentro de la U.H. 04.01 "Sierra de Altomira", perteneciente a la cuenca del Guadiana, en su extremo más oriental y próxima a la Cuenca del Júcar. La profundidad del nivel piezométrico en POZOAMARGO-3 era de 107 m (7/06) o una cota piezométrica de 643 m s.n.m.

### 2.2.6. Resultados de los ensayos de bombeo

BOINS S.L. realizó el ensayo de bombeo del sondeo POZOAMARGO-3 el 21 de julio de 2006 con caudales de de 2.5 y 3.5 L/s, descendiendo un total de 37.4 m, a partir de una profundidad de nivel piezométrico de 107.75 m Para un descenso de 10 m, una porosidad eficaz de 0.005 (al considerarlo acuífero semiconfinado), un bombeo continuado de 60 días y una transmisividad estimada de 100 m<sup>2</sup>/día, el caudal de explotación recomendable es de 10 L/s. No obstante, se decidió acidificar, tras lo cual

se realizó un nuevo ensayo de bombeo el 21 de agosto de 2006, con caudales de 6, 12 y 15 L/s, descendiendo un total de 2.57 m y obteniéndose una transmisividad de 500 m<sup>2</sup>/día, aunque su interpretación resulta poco exacta a causa del escaso movimiento del nivel piezométrico. El caudal de explotación recomendable para las necesidades de la población es de 10 L/s aunque se puede incrementar hasta 30 L/s en función de las necesidades futuras.

### **2.3. Resultados obtenidos**

El sondeo POZOAMARGO-3 alcanzó una profundidad final de 166 m. Dicho sondeo se consideró positivo y, tras la acidificación se recomienda un caudal de explotación de 10 a 30 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 los análisis químicos realizados por el IGME muestran un elevado contenido en nitratos (48 mg/L) que no supera el límite de 50 mg/L establecido en el Reglamento Técnico Sanitario.



### **3.PROPUUESTA DEL PERÍMETRO DE PROTECCIÓN**

#### **3.1.Marco hidrogeológico regional**

Regionalmente, la zona estudiada se encuentra dentro de la U.H. 04.01 “Sierra de Altomira” (fig. 7). Ocupa una superficie aflorante de 2500 km<sup>2</sup>, aunque se extiende hasta los 3000 km<sup>2</sup>. Es un sistema constituido por acuíferos jurásicos y cretácicos con un espesor máximo de 1100 m, sobre la que se sitúa una serie evaporítico-detrítica de más de 300 m de espesor. Su permeabilidad en general es alta. Los niveles piezométricos se encuentran entre 600-900 m s.n.m (IGME, 1989). No obstante el área estudiada se encuentra en el límite entre las Cuencas Hidrográficas del Júcar y del Guadiana.

El sondeo POZOAMARGO-3 afecta a los depósitos carbonatados cretácicos.

#### **3.2. Marco hidrogeológico local**

Como formaciones acuíferas en el área de estudio se diferencian:

- acuíferos locales terciarios.
- acuífero carbonatado cretácico.

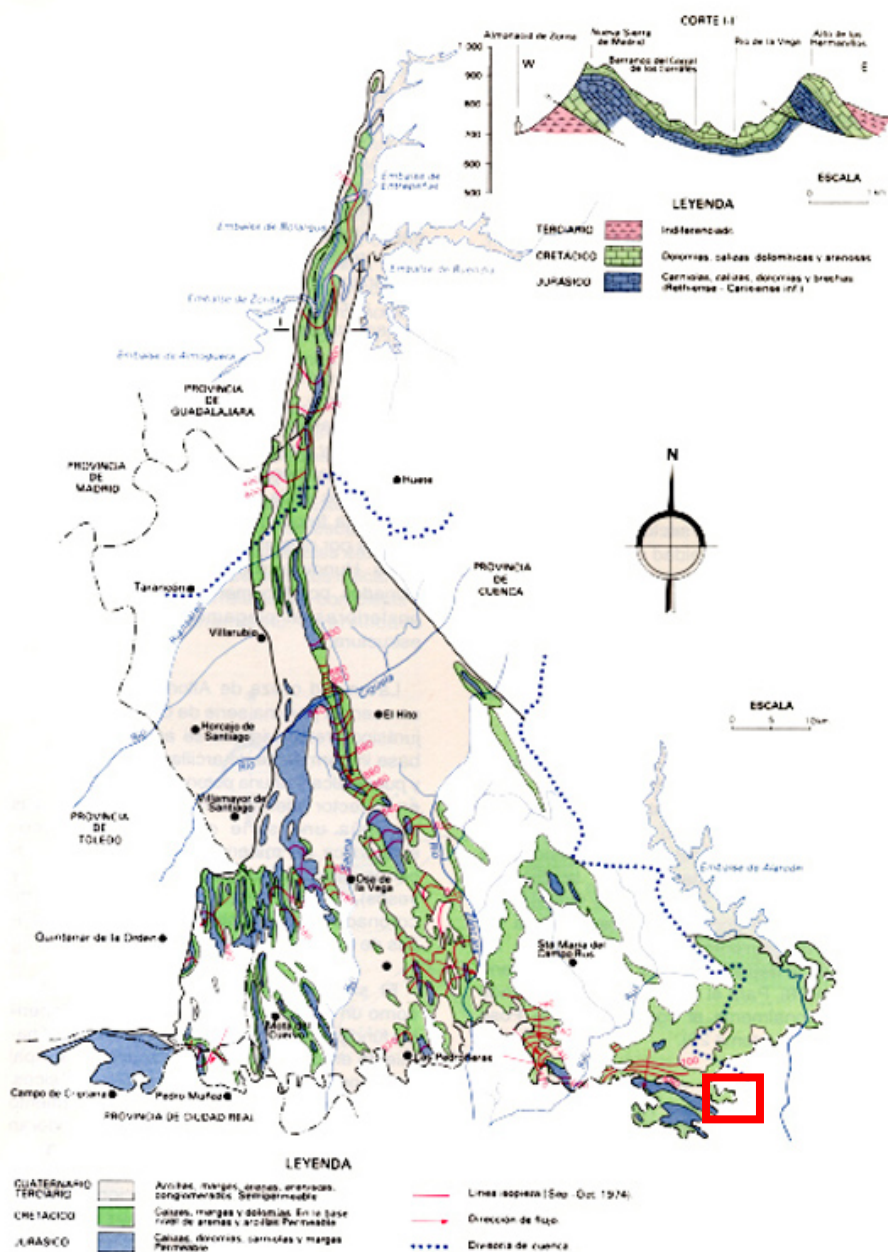
##### **Acuíferos locales terciarios**

Son depósitos de arenas y gravas y niveles carbonatados que se encuentran a una profundidad entre 0-40 m y que se captan en los pozos “Abajo” “Francisco” y el primer tramo de “Pozoamargo-1” y “Pozoamargo-3”. (tabla 2).

Hidroquímicamente (tabla 1) las aguas son sulfatadas cálcicas con alta mineralización y elevado contenido en nitratos (56 a 196 mg/L), presencia de cloruros y también de fosfatos (0.09-0.15 mg/L).

PUNTOS	NAT.	COTA (msnm)	PROF.(m)	PNP (msnm)	USO
Pozo Abajo	Pozo	740	6	0.1 (3/04)	R
Pozo Francisco	Pozo	740	6		AP
Pozoamargo-1	Sondeo	740	28 (*)		
Pozoamargo-3	Sondeo	760	20 (*)		

**Tabla 2.** Captaciones en el acuífero local terciario. **LEYENDA:** NAT.-naturaleza, PROF.-profundidad, PNP-profundidad del nivel piezométrico, AU-Abastecimiento urbano. (\*) corresponde a la profundidad a la que se ha captado el acuífero terciario, no a la totalidad del sondeo.



**Figura 7.-** Situación del área estudiada en la U.U.H.H. En el rectángulo se indica el área de estudio.

### Acuífero carbonatado cretácico

Las formaciones carbonatadas del Cretácico Superior corresponden a un espesor reconocido de 160 m en la zona de estudio. Las captaciones empleadas para el estudio se recogen en la tabla 3.

Nº DE INVENTARIO	COTA (m s.n.m.)	PROF. (m)	PROF. NIVEL PIEZOMETRICO(m) / COTA PIEZOMETRICA (m s.n.m.)	USO	CAUDAL (L/s)
Pozoamargo-1	740	164	97,6 (10/00)	AU	16
Tian	730	150	94,7 (3/04)	A	
Pozoamargo-2	770	196		SU	
Pozoamargo-3	760	166	107.75 (7/06)	AU	30

**Tabla 3.-** Sondeos en calizas cretácicas (prof.-profundidad en m, cota- cota topográfica en m s.n.m.,; uso: AU- abastecimiento urbano, A- abastecimiento, R-riego, SU- sin uso)

La transmisividad deducida para el Sondeo POZOAMARGO-3 es de 500 m<sup>2</sup>/día.

Como ya se ha indicado en el apartado 2.2.4. las captaciones que afectan al acuífero carbonatado cretácico (Pozoamargo-1 o actual, Pozoamargo-2, Tian y Pozoamargo-3) parecen mostrar una línea de mezcla entre las aguas menos influidas por el acuífero superior (Pozoamargo-2 y Tian) hacia aguas de facies similares a las de los depósitos superiores. El sondeo Pozoamargo-2 es el que mejor calidad de agua muestra, con una conductividad del orden de 500 µS/cm.

Las aguas son bicarbonatadas cálcicas, evolucionando a facies de mezcla con sulfatos, en POZOAMARGO-3, con contenido en nitratos entre 30-58 mg/L, evidencia de la influencia antrópica.

### 3.3. Vulnerabilidad del acuífero

#### 3.3.1. Inventario de focos de contaminación

El sondeo POZOAMARGO-3 se encuentra entre el núcleo urbano y la autopista A-31. (foto 1).

Los principales focos del entorno corresponden a:

-**Granja de ganado vacuno.** Se sitúa a 45 m al S del sondeo, en las coordenadas UTM X: 569134, Y: 4358010

-**Cementerio.** Sitio a 460 m al SO de la captación, en las coordenadas UTM X: 568999 Y: 4357571.

-**Gasolinera:** situada junto al cementerio. Coordenadas UTM X: 568988 Y: 4357702.

-**Cooperativa vinícola:** dentro de la localidad. Coordenadas UTM X: 569456 Y: 4358159.

-**Granja avícola:** depositan el residuo sobre el terreno. Coordenadas UTM X: 568486 Y: 4358490.

-**Vertido de aguas residuales:** A varios km de la localidad. Coordenadas UTM X: 568804 Y: 4356080.

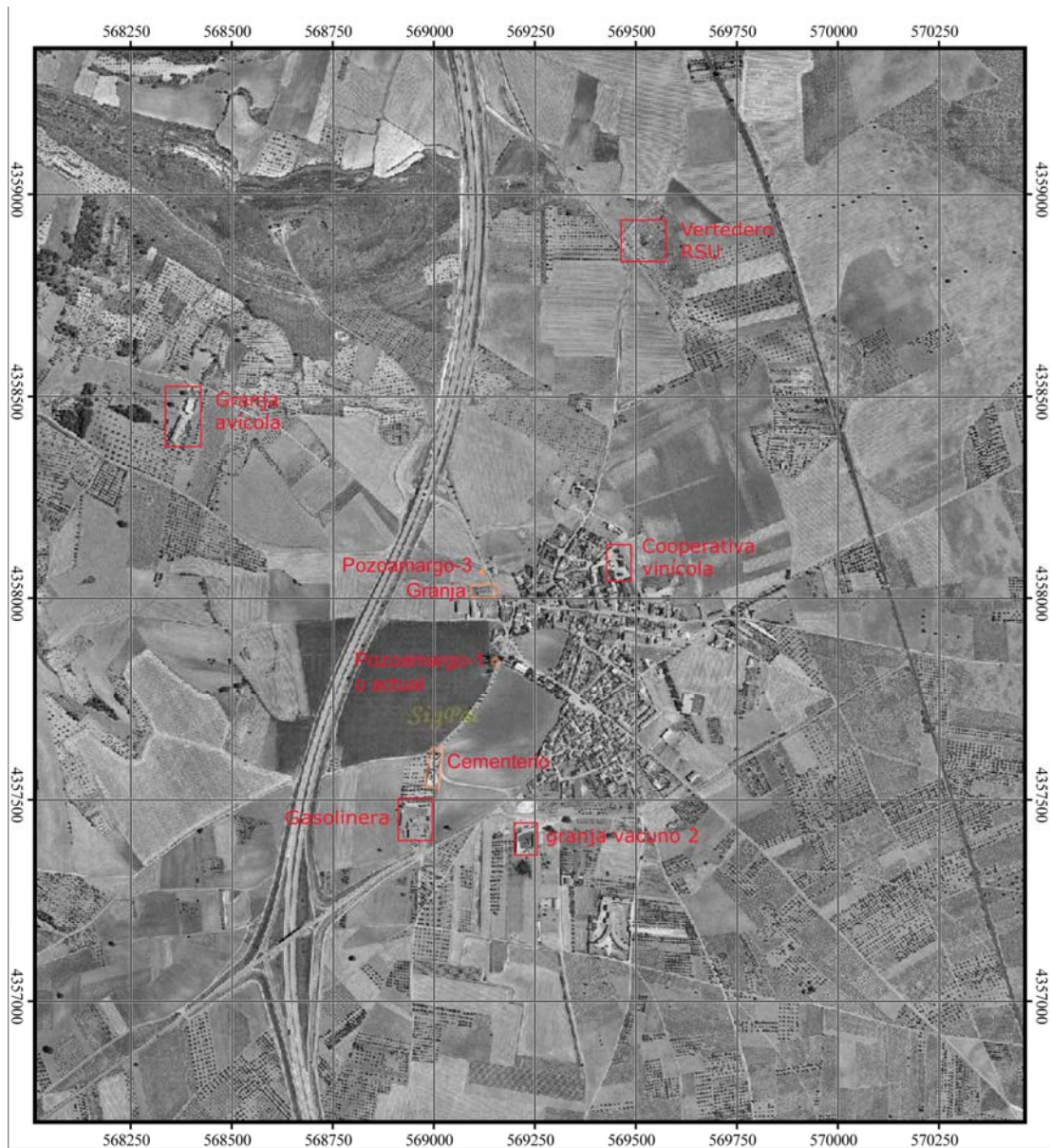
-**Granja de ganado vacuno 2.** Se sitúa en la periferia de la población, en las coordenadas UTM X: 569234, Y: 4357462.

-**Vertedero de inertes.** Perteneciente y administrado por Sisante. Coordenadas UTM X: 569471 Y: 4358870.

-**Autovía.** Discurre a 175 m al NO de la captación.

-Campos de cultivo de regadío.

-Campos de cultivo de pasto, y algunas fincas de olivos, así como fincas sin cultivar. Ello puede suponer una contaminación agraria de tipo difuso, por empleo de abonos orgánicos e inorgánicos, así como productos fitosanitarios.



**Foto 1.-** Situación de los focos de contaminación y de los puntos de agua de abastecimiento público.

### 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 1).

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 (tabla 4). 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

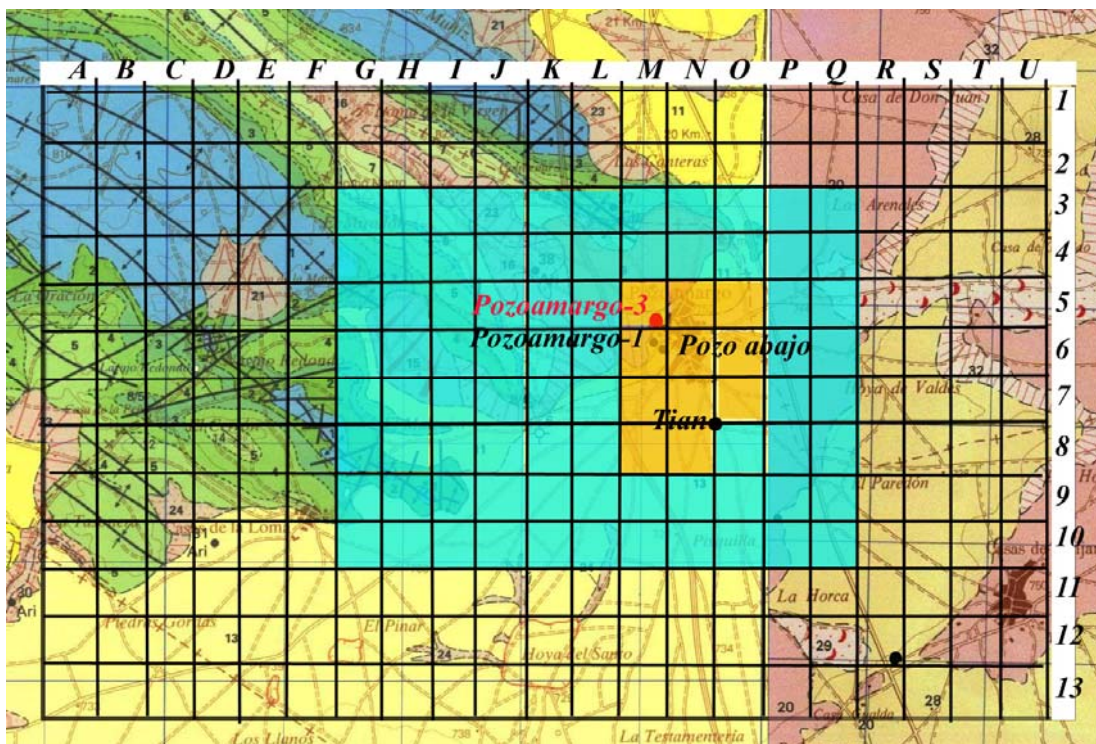
Para el presente estudio se han considerado los acuíferos más superficiales, que corresponden a los depósitos carbonatados y detríticos terciarios, que parecen tener una influencia en las aguas del acuífero cretácico infrayacente, y donde se encuentra únicamente el acuífero carbonatado cretácico se ha empleado la profundidad de nivel de 107.70 m, procedente del sondeo POZOAMARGO-3.

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

- Las profundidades del nivel piezométrico para el detrítico y carbonatado terciario se ha considerado el menos favorable de los niveles piezométricos registrados, que corresponde al medido en POZO DE ABAJO y que es de 0.1 m (3/2004), aunque al ser confinado se ha considerado que el techo del acuífero se encuentra entre 1.5-5 m de profundidad, para el carbonatado cretácico se ha considerado el nivel de 107.7 (7/2006) medido en POZOAMARGO-3.
- Respecto a la recarga se ha tomado una infiltración de 235 hm<sup>3</sup>/año para una superficie de 5000 km<sup>2</sup> la recarga resultante es de unos 50 mm, considerando R=2.
- Para la litología del acuífero se ha considerado para las calizas cretácicas A=7 y para las calizas terciarias y depósitos de conglomerados y arenas A=8.
- Para el suelo se ha considerado el caso más desfavorable, el de suelo ausente S=0.
- Para la ZNS se ha considerado a las calizas un valor I=7, y a las arenas y gravas con arcilla que recubren el terciario un valor I=7.
- Para la conductividad hidráulica se ha estimado que para los materiales terciarios es baja (C=1), para los carbonatos cretácicos media (C=2).



Como se observa en la figura 8 se observa que **la vulnerabilidad es muy baja (tono azul) en los depósitos carbonatados cretácicos y jurásicos**, no obstante, **en los depósitos detríticos cuaternarios, la vulnerabilidad es moderada, aproximándose a alta (tono amarillo)**. Esta es la zona en la que se emplaza el sondeo POZOAMARGO-3 y se deberá proteger considerado a su vez factores hidrogeológicos.



**Figura 8.** Mapa de estimación de la vulnerabilidad mediante el método DRASTIC. En azul vulnerabilidad muy baja, en amarillo vulnerabilidad moderada.



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	

### 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:

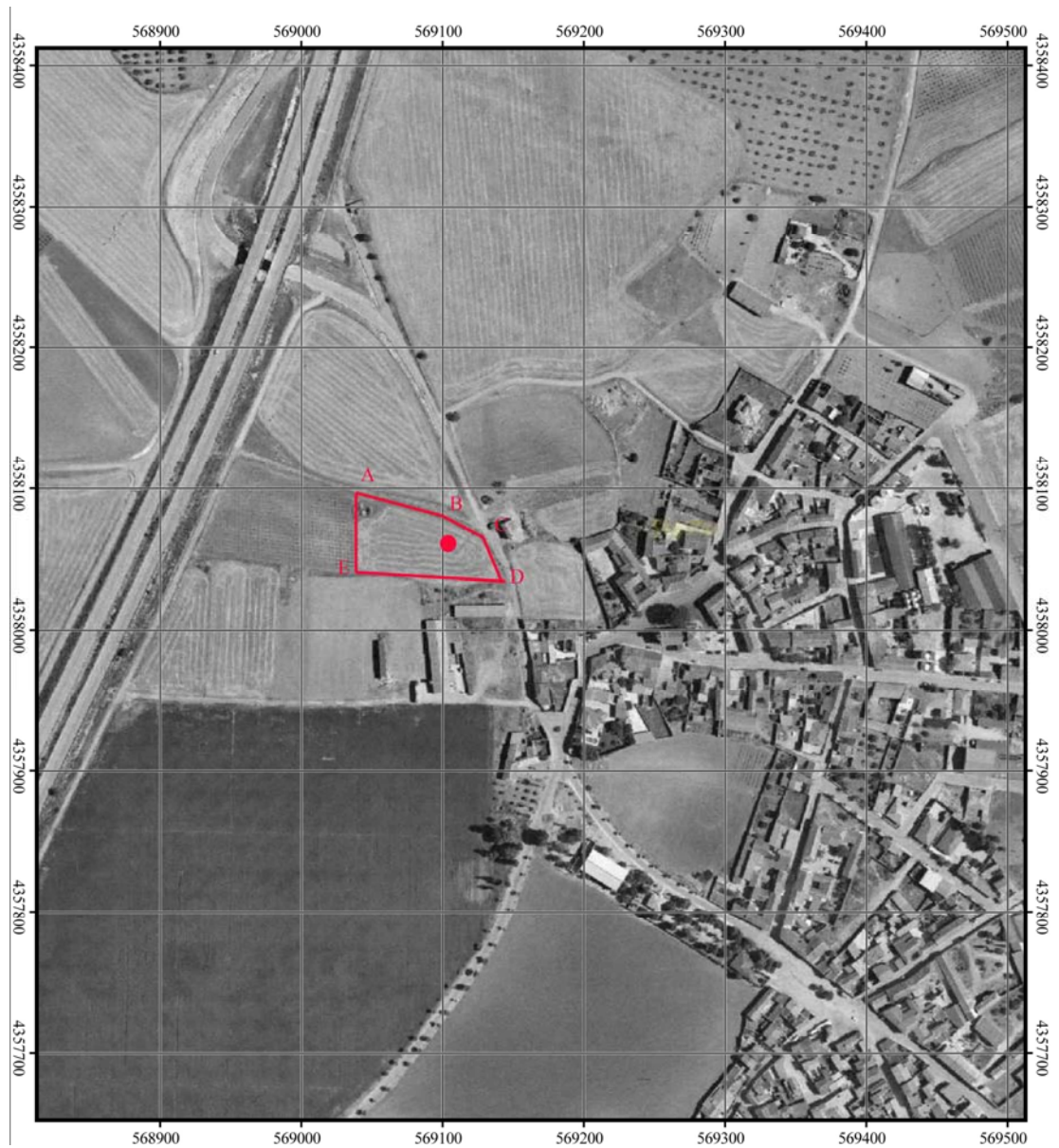
- Zona inmediata o de restricciones absolutas: tiempo de tránsito 1 día o área fija de 100-400 m<sup>2</sup>. Suele estar vallada.
- Zona próxima o de restricciones máximas: tiempo de tránsito 50 días. Protege de la contaminación microbiológica con criterios hidrogeológicos. En algunos estudios se ha 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.

En el presente documento se propone el perímetro de protección para el sondeo POZOAMARGO-3.

El sondeo POZOAMARGO-3 capta únicamente el acuífero carbonatado cretácico, de comportamiento confinado, al cementarse la parte superior (25 m), para evitar que el agua procedente del acuífero cuaternario entre en el sondeo. No obstante, según la evolución hidroquímica vista en el apartado 2.2.4, parece existir una conexión entre el acuífero superior y el inferior, ya que las aguas del sondeo POZOAMARGO-3 y POZOAMARGO-1 parecen en resultado de la mezcla de las del acuífero carbonatado cretácico con las del cuaternario (figura 1). Por ello, es necesario proteger el acuífero superficial, cuya vulnerabilidad es moderada (figura 8).

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 POZOAMARGO-3. Los límites estarían marcados por la calle que va al antiguo depósito (foto 2) . 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.



**Foto 2.** Mapa de la propuesta del perímetro de zona absoluta.

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

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

Siendo:

**Q** = caudal bombeado

**I** = tiempo de tránsito hasta la captación

**m** = porosidad eficaz del acuífero

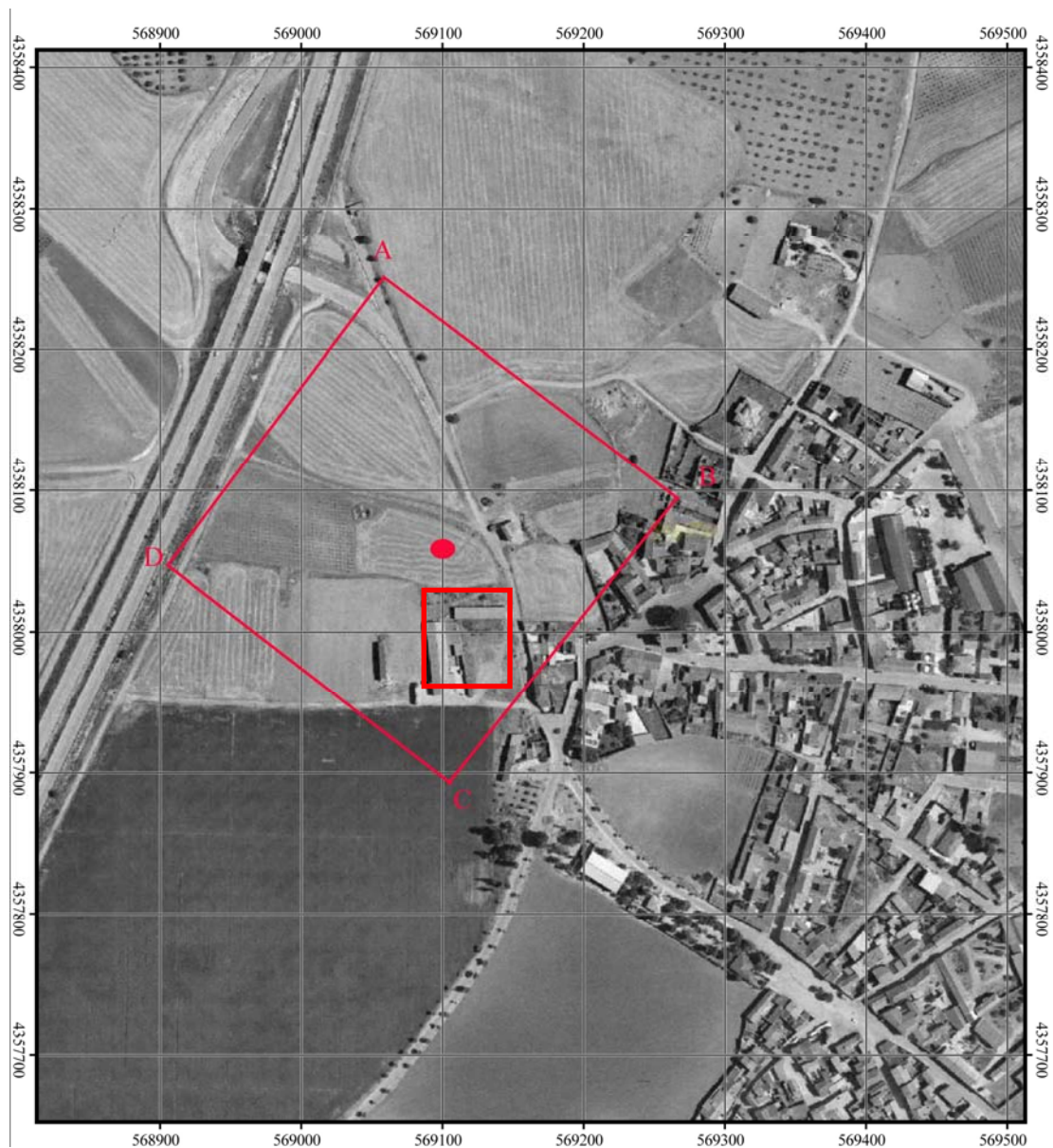
**H** = espesor saturado en la captación

**R** =radio del perímetro de protección

Si consideramos un caudal bombeado de 30 L/s, un tiempo de tránsito de 50 días, la porosidad eficaz del acuífero cretácico de 0.005 y una H igual a 60 m (considerando el espesor saturado del acuífero cretácico), el radio de perímetro de protección obtenido es de unos 400 m, recomendándose, aplicando criterios hidrogeológicos, al tratarse de un acuífero carbonático, unos 500 m. Así puede definirse una zona de protección máxima correspondiente a un cuadrado de 250 m de lado, orientado en función de la dirección del flujo (hacia el SE) (Foto 3).

Las actividades prohibidas son todas las actividades agrícolas que contemplen uso de fertilizantes, almacenamiento de estiércol, vertidos de restos de animales, todo tipo de ganadería, almacenamiento de comida para ganado, abrevaderos así como vertidos de aguas residuales, pozos negros, actividades industriales como el almacenamiento de hidrocarburos y asentamientos industriales (tabla 6).

Uno de los focos potenciales de contaminación, una granja de ganado vacuno, se encuentra en el interior de dicho perímetro, por lo que sería conveniente evaluar su posible impacto y extremar las precauciones en cuanto a los residuos ganaderos, resultando recomendable su traslado.



**Foto 3.** Mapa de la propuesta del perímetro de zona próxima. En el rectángulo pequeño, el foco potencial de contaminación que se encuentra en el interior del perímetro.

Para el establecimiento de la **zona alejada o de restricciones moderadas se han empleado criterios hidrogeológicos.**

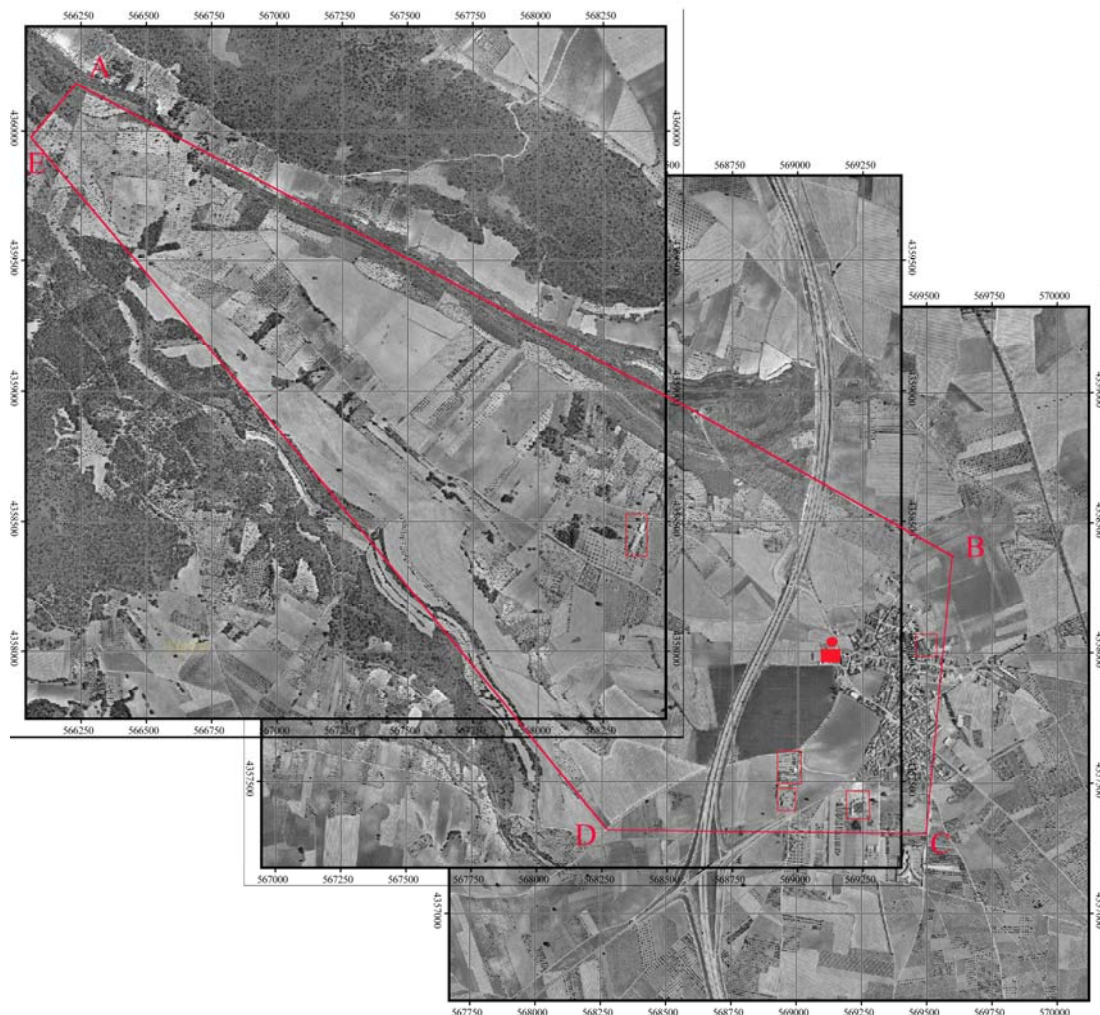
El acuífero cretácico aflora en los sinclinales situados en los relieves del Oeste, dispuestos de NO-SE, quedando cubierto en parte por depósitos cuaternarios y terciarios, que a su vez cubren la conexión hídrica existente con el acuífero de Mancha Oriental. La dirección del flujo, en el área estudiada, puede ser al SE, pero el acuífero cretácico parece estar comunicado con los más superficiales, por lo que es preciso que la protección se extienda también a los mismos.

Así la zona a proteger es la aflorante y los relieves circundantes que puedan favorecer la escorrentía hacia estos depósitos, así como la propia cuenca de aguas superficiales, que pueden conducir el agua hacia zonas de recarga de los acuíferos. En esta **zona alejada o de restricciones moderadas** (foto 4) se condicionarán las actividades agrarias (con el uso de abonos y plaguicidas), urbanas (considerando el cementerio) y también las infraestructuras viarias. Para ello es preciso, en el caso que se considere, la solicitud de un informe técnico sobre la actividad cuestionada.

En su interior se encuentran algunos focos potenciales de contaminación: la granja avícola, el cementerio, la cooperativa vinícola, la gasolinera y otra granja de vacuno. En el caso de la granja avícola, se observó en el momento de la visita técnica, que depositan directamente sobre el suelo todos los residuos ganaderos para su posterior traslado; este tipo de prácticas debe evitarse en la medida de lo posible y extremar las precauciones en cuanto al almacenamiento de los residuos, que debe realizarse en un terreno impermeabilizado y acondicionado a tal efecto.

Respecto al **establecimiento del perímetro de protección de la cantidad** se propone el mismo perímetro de protección que el de restricciones moderadas para calidad de las aguas.





**Foto 4.-** Perímetro de protección de calidad propuesto para restricciones moderadas. Con el círculo se sitúa el sondeo POZOAMARGO-3 y con los rectángulos los focos potenciales de contaminación.

En el perímetro de protección se deben controlar el caudal de los sondeos existentes no exceda el autorizado por la Confederación Hidrográfica pertinente y a los nuevos sondeos que se perforen que se encuentren debidamente legalizados y que el caudal de explotación concedido contemple que no afecte de manera perjudicial a las captaciones de abastecimiento del municipio. Para ello se les debe exigir un estudio hidrogeológico que contemple la realización de ensayos de bombeo empleando la captación municipal como piezómetro de control.

La definición de las poligonales envolventes que definen las zonas del perímetro se recogen en la tabla 5.

**Tabla 5.** Poligonal envolvente del perímetro de protección de la cantidad y de la calidad propuesto.

	<b>Nº PUNTO</b>	<b>COORDENADAS UTM (X)</b>	<b>COORDENADAS UTM (Y)</b>	<b>Z (m s.n.m.)</b>
<b>ZONA DE RESTRICCIONES ABSOLUTAS</b>	A	569045	4358095	750
	B	569110	4358080	750
	C	569030	4358060	750
	D	569140	4358037	750
	E	569040	4358040	750
	A'	569045	4358095	750
<b>ZONA DE RESTRICCIO- NES MÁXIMAS</b>	A	569054	4358252	755
	B	569260	4358084	745
	C	569105	4357895	740
	D	568910	4358060	750
	A'	569054	4358252	755
<b>ZONA DE RESTRICCIONES MODERADAS</b>	A	566240	4360210	840
	B	569584	4358364	780
	C	569460	4357310	740
	D	568000	4357322	740
	E	566040	4359980	840
	A'	566240	4360210	840

Las actividades a restringir en las distintas zonas del perímetro se recogen en la tabla 6.

Madrid, noviembre de 2006

El autor del informe

Fdo. Marc Martínez



	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	•	•				•	
	Campings	•	•				•	
OTRAS	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 6.** Definición de las actividades dentro del perímetro de protección restringidas o condicionadas.

## **5. BIBLIOGRAFÍA**

**IGME-JCCLM (1985):** Síntesis hidrogeológica de Castilla-La Mancha.

**IGME (1989):** Las aguas subterráneas en España. Estudio de síntesis.

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

## **ANEXOS**

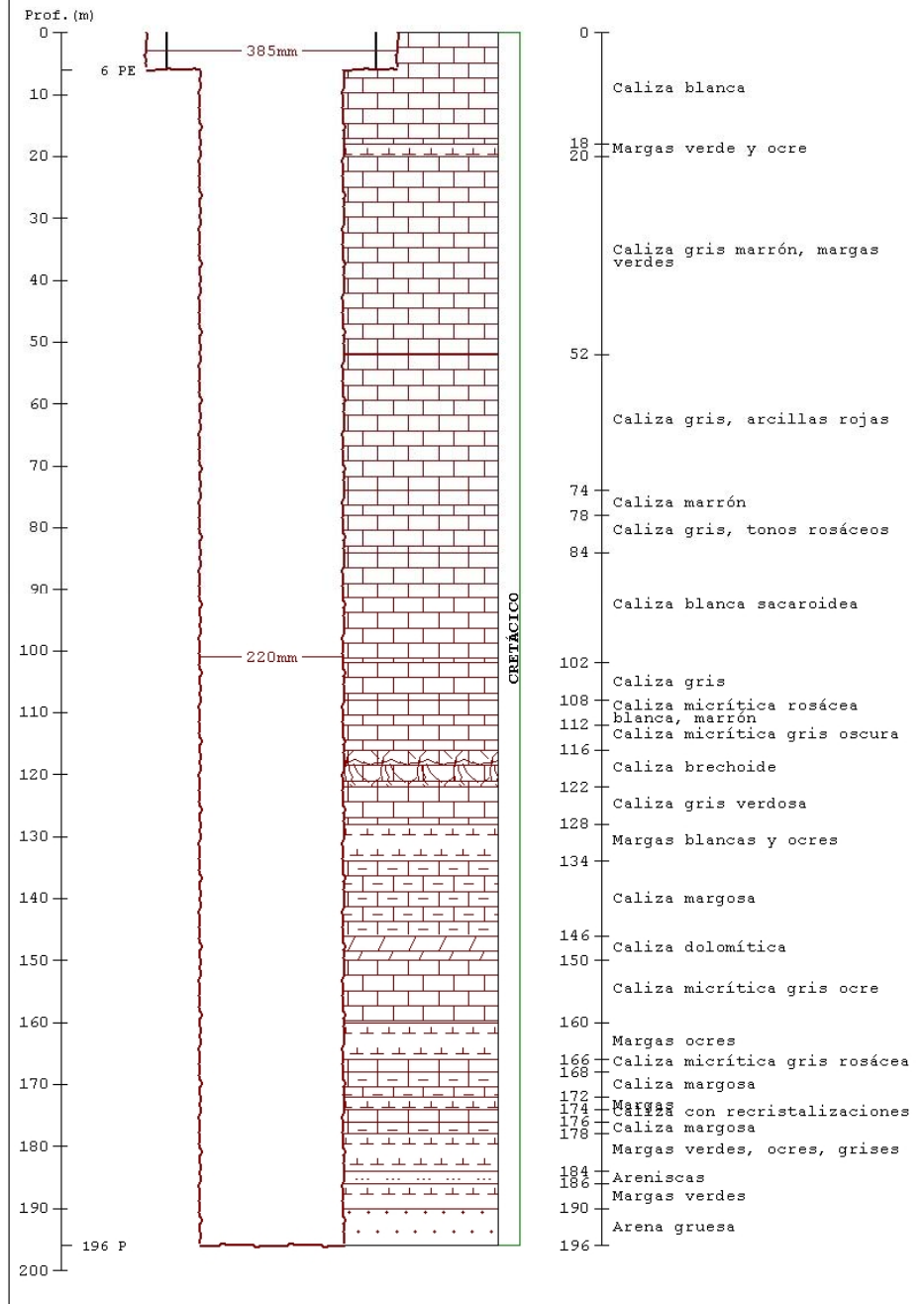
**MAPA DE SITUACIÓN  
ESQUEMA DE LOS SONDEOS  
ENSAYOS DE BOMBEO**







## CROQUIS DE POZO POZOAMARGO-2

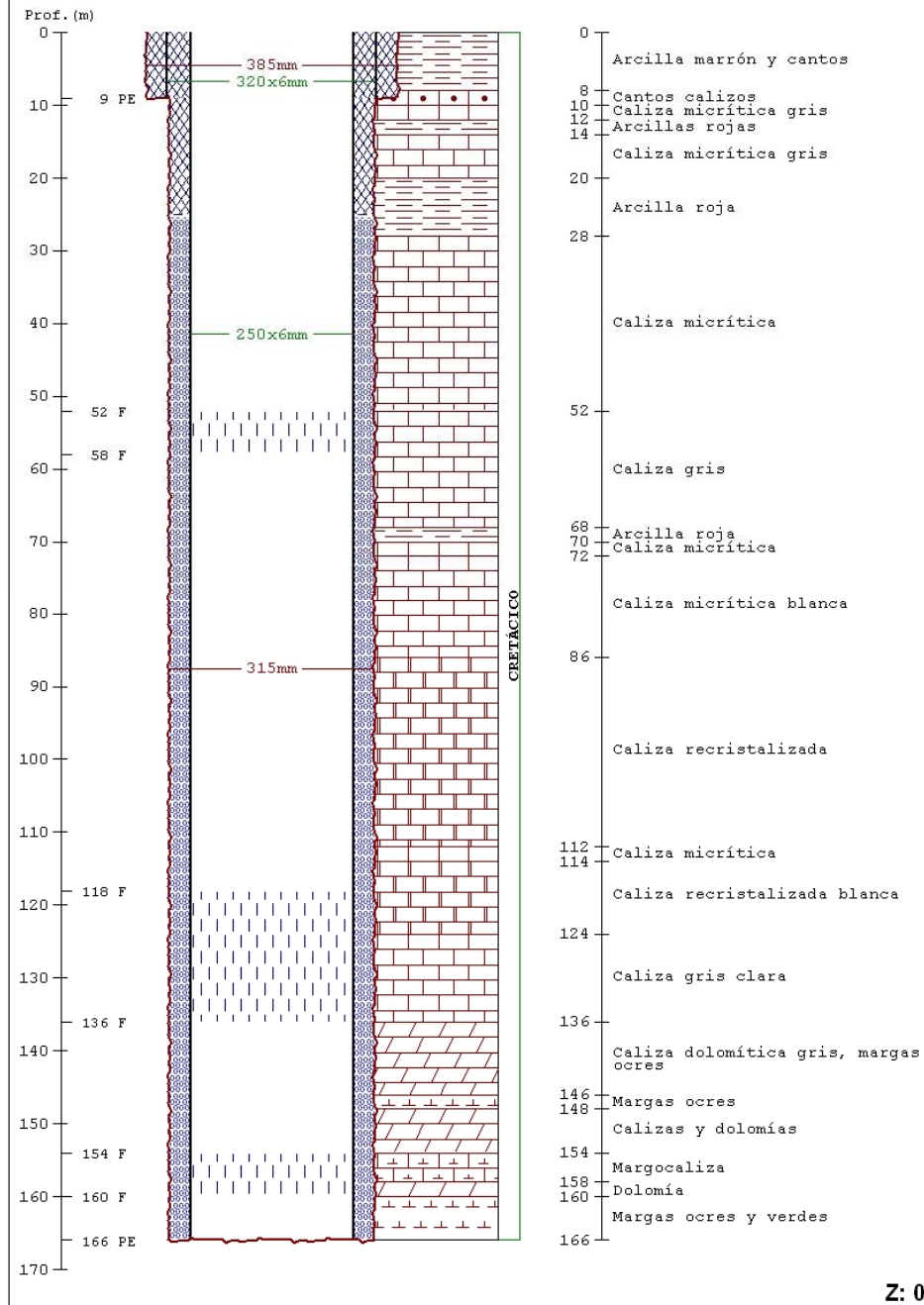






# CROQUIS DE POZO POZOAMARGO-3

-999





EDASU, S.L.  
 AVDA. ALCOTANES, 7  
 POL. IND. EL CASCAJAL  
 28320 PINTO  
 (MADRID)

FECHA: 21 de Julio de 2006

Sondeo: AYUNTAMIENTO	Municipio: POZO AMARGO	Provincia : CUENCA
----------------------	------------------------	--------------------

Comienzo: 20-07-06	Hora: 19:00	NE: 107'75	Terminación: 21-07-06	Hora: 15:00	ND. 145'15
--------------------	-------------	------------	-----------------------	-------------	------------

Grupo Generador	Grupo Motobomba	Perforación 166 m
Marca: Mecc-Alte	Marca: GRUNDFOS	250Ø 166
KVA: 350	Tensión: 760	Profundidad rejilla: 156 m.
Motor: Fiat-Aifo	Tipo: SP 45-31	Q.medidad con: TUBO PITOT
Potencia: 630CV	Potencia : 50 CV	Niveles Medidos con:SONDA
		Ø Tubería 100 mm

### RECUPERACION

TIEMPO MINUTOS	RECUPERACIÓN METROS	TIEMPO MINUTOS	RECUPERACIÓN METROS	TIEMPO MINUTOS	RECUPERACIÓN METROS
½		6	105'60	20	107'70
1		7	105'00	25	107'70
2	120'10	8	106'75	30	107'70
3	110'50	9	107'32	40	107'71
4	104'00	10	107'65	50	107'71
5	103'70	15	107'69	60	107'71

Observaciones:

1° ESCALON			
HORA	Q l/s	N.D. m.	
0m	NE	107'75	NE
5m	2'5	110'39	SUCIA
10m	2'5	128'95	SUCIA
15m	2'5	133'90	COLOR
20m	2'5	133'81	COLOR
25m	2'5	133'50	SUCIA
30m	2'5	132'80	SUCIA
45m	2'5	132'00	SUCIA
60m	2'5	130'37	SUCIA
1'5h	2'5	130'05	COLOR
2h	2'5	129'68	COLOR
2'5h	2'5	129'36	COLOR
3h	2'5	129'38	COLOR
3'5h	2'5	129'39	COLOR
4h	2'5	129'71	COLOR
5h	2'5	129'36	CLARA
6h	3'5	140'64	COLOR
7h	3'5	141'95	COLOR
8h	3'5	142'68	COLOR
9h	3'5	142'00	SUCIA
10h	3'5	143'10	COLOR
11h	3'5	144'80	CLARA
12h	3'5	145'29	CLARA
13h	3'5	156'00	COLOR
14h	3'5	145'00	CLARA
15h	3'5	145'10	CLARA
16h	3'5	145'13	CLARA
17h	3'5	145'15	CLARA
18h	3'5	145'15	CLARA
19h	3'5	145'15	CLARA
20h		RECUPERACION	
21h			
22h			
23h			
24h			

**EDASU, S.L.**  
 AVD. ALCOTANES, 7  
 POL.IND. EL CASCAJAL  
 28320 PINTO  
 (MADRID)

Insc. Reg. Merc. Albacete, T. 388, L. 162, F. 153, H. AB.3.645, Inscrif. 1ª - C.I.F. B-02253355

**FECHA:** 23 de Agosto de 2006

<b>Sondeo:</b>	<b>Municipio:</b> POZOAMARGO	<b>Provincia :</b> CUENCA
----------------	------------------------------	---------------------------

<b>Comienzo:</b> 21-08-06	<b>Hora:</b> 12:10	<b>NE:</b> 107°00	<b>Terminación:</b> 22-08-06	<b>Hora:</b> 10:10	<b>ND:</b> 109°57
---------------------------	--------------------	-------------------	------------------------------	--------------------	-------------------

<b>Grupo Generador</b>	<b>Grupo Motobomba</b>	<b>Perforación</b> m
<b>Marca:</b> Mecc-Alte	<b>Marca:</b> GRUNDFOS	250 Ø
<b>KVA:</b> 250	<b>Tensión:</b> 760	<b>Profundidad rejilla:</b> 150 m.
<b>Motor:</b> Fiat-Aifo	<b>Tipo:</b> SP 45-31	<b>Q.medida con:</b> TUBO PITOT
<b>Potencia:</b> 400CV	<b>Potencia :</b> 50 CV	<b>Niveles Medidos con:</b> SONDA
		Ø Tubería 100 mm

### RECUPERACION

TIEMPO MINUTOS	RECUPERACIÓN METROS	TIEMPO MINUTOS	RECUPERACIÓN METROS	TIEMPO MINUTOS	RECUPERACIÓN METROS
½		6	107'40	20	107'40
1	107'43	7	107'40	25	107'40
2	107'40	8	107'40	30	107'40
3	107'40	9	107'40	40	
4	107'40	10	107'40	50	
5	107'40	15	107'40	60	

**Observaciones:**



1° ESCALON			
HORA	Q l/s	N.D. m.	
0m	NE	107'00	NE
5m	6	107'60	COLOR
10m	6	107'75	COLOR
15m	6	107'80	COLOR
20m	6	107'86	COLOR
25m	6	107'90	COLOR
30m	6	107'93	COLOR
45m	6	107'98	COLOR
60m	6	108'00	COLOR
1'5h	6	108'00	COLOR
2h	6	108'00	CLARA
2'5h	6	108'00	CLARA
3h	6	108'00	CLARA
3'5h	6	108'00	CLARA
4h	6	108'00	CLARA
5h	9	108'79	CLARA
6h	9	108'85	CLARA
7h	9	108'85	CLARA
8h	9	108'85	CLARA
9h	12	109'25	CLARA
10h	12	109'25	CLARA
11h	12	109'25	CLARA
12h	12	109'25	CLARA
13h	15	109'54	CLARA
14h	15	109'57	CLARA
15h	15	109'57	CLARA
16h	15	109'57	CLARA
17h	15	109'57	CLARA
18h	15	109'57	CLARA
19h	15	109'57	CLARA
20h	15	109'57	CLARA
21h	15	109'57	CLARA
22h	15	109'57	CLARA
23h			
24h			

