



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

**Abril 2009**

**Sondeo:** Villares-II

**Término municipal: Provincia:** Cuenca

**Sonda/contratista:** Rotopercusión /EDASU

**SITUACIÓN:**

**Hoja topográfica:** N° 634 San Lorenzo de la Parrilla.

**Número Hoja/octante:** 2325/5

**Coordenadas U.T.M.:** X: 541642 Y: 4409098

**Cota aproximada:** 860 m

**CARACTERÍSTICAS:**

**Profundidad:** 137 m.

**Referencias topográficas:** A unos 10 m del actual sondeo, en el depósito de agua de la localidad, en la Sierra próxima.

## ÍNDICE

### **1.INTRODUCCIÓN**

#### **1.1. Objetivo**

### **2. EJECUCIÓN DEL SONDEO**

#### **2.1. Situación**

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

*2.2.1. Consideraciones constructivas*

*2.2.2. Perfil litológico*

*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**

### **3.PROPUUESTA 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 la captación**

### **4. BIBLIOGRAFÍA**

## ANEXOS

**MAPA GEOLÓGICO**

**MAPA DE PENDIENTES**

**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 abril de 2007 se redactó el “*Informe hidrogeológico para la mejora del abastecimiento de agua potable del municipio de Villares del Saz (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 **5 L/s**. Para ello se recomendó la perforación de un sondeo que explotara las mismas formaciones geológicas cretácicas que explota el actual sondeo, pero a mayor profundidad para drenar un tramo mayor y posibilitar el aislamiento de los tramos superiores con supuestamente peor calidad química del agua.

## **2. EJECUCIÓN DEL SONDEO**

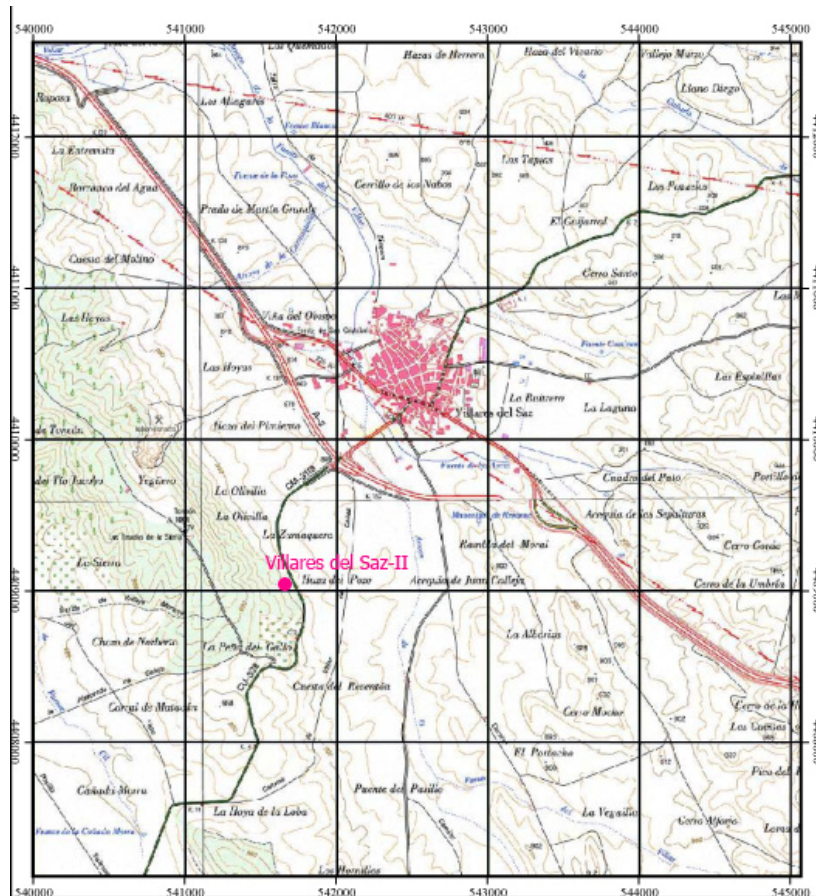
### **2.1. Situación**

El sondeo Villares del Saz-II se ubicó a 1200 m al SO de la población, próximo a la actual captación.

Esta ubicación corresponde a un punto de la hoja nº 662 de coordenadas U.T.M **X:** 541642 **Y:**4409098 .

Esta ubicación no era la originalmente propuesta en el informe hidrogeológico elaborado en 2007, y que situaba el punto a unos 50 m al oeste de la actual ubicación y

a una cota superior, más alejado y aguas arriba del actual sondeo de abastecimiento. Sin embargo, la imposibilidad de la cesión del terreno, llevó a situarlo en el punto actual, a menos de 10 m del actual sondeo y aguas abajo del mismo (figura 1).



*Fig.1. Situación del sondeo Villares del Saz-II*

## 2.2. Características específicas de las obras

### 2.2.1. Consideraciones constructivas

La ejecución del sondeo fue llevada a cabo por EDASU durante la primera quincena del mes de marzo de 2009, mediante rotopercusión con martillo en fondo.

La ejecución del sondeo Villares-II se perforó con un diámetro de 400 mm de 0-24 m y de 315 mm hasta los 137 m de profundidad.

### *2.2.2. Perfil litológico*

De acuerdo con el informe hidrogeológico previo realizado, los materiales atravesados en el sondeo son de edad cretácica.

Se perforaron los siguientes materiales (ver anexo, figura 2):

- 0-8 m: suelo, piedemonte
- 8-12 m: margas
- 12-20 m: calizas y margas
- 20-59 m: caliza brechificada ocre con niveles margosos. En el tramo 31-37 m se encuentra más fracturada y con recristalizaciones.
- 59-77 m: caliza micrítica gris clara, rosácea
- 77-83 m: caliza gris clara y oscura, con recristalizaciones y cavidades
- 83-101 m: calizas recristalizadas oscuras, brechoides, en ocasiones con oolitos
- 101-105 m: margas
- 105-107 m: calizas recristalizadas
- 107-111 m: caliza dolomítica gris-verde y rosácea
- 111-117 m: dolomía
- 117-119 m: calizas recristalizadas
- 119-125 m: dolomías margosas
- 125-127 m: margas
- 127-137 m: yesos

Se atravesaron niveles acuíferos a partir de 77 a 101 , de 107 en adelante, con un caudal estimado superior a los 20 L/s.



*Figura 2 .- Perforación del sondeo Villares II*

### *2.3. Acondicionamiento de las obras*

El sondeo se entubó con tubería de acero, de 320 mm hasta los 24 m de profundidad, y de 0 a 137 m con tubería de acero de 250 mm. Los tramos ranurados suman un total de 36 m, habiéndose colocado la rejilla a las siguientes profundidades: 77 a 101 m y de 107-119 m. Se instaló macizo de grava de 3-5 mm para evitar posibles arrastres.

#### *2.2.4. Hidroquímica*

Las determinaciones realizadas en campo muestran que es de elevada mineralización, con conductividades entre 2800-2860  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , no obstante en el

segundo tramo acuífero parece advertirse una cierta disminución en la misma, en torno a 2000-2400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , que podría indicar la existencia de algún nivel acuífero de menor mineralización. No obstante, el análisis del agua muestra una facies sulfatada cálcica, de elevada mineralización, superior a 3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (tabla 1).

Fecha	3/09	B	0.054
Cl	16	Mg	70
SO <sub>4</sub>	1370	Ca	510
HCO <sub>3</sub>	91	pH	7.2
CO <sub>3</sub>	0	NO <sub>2</sub>	0
NO <sub>3</sub>	18	NH <sub>4</sub>	0
Na	22	Conductividad	3125

**Tabla 1.-** Componentes químicos (en mg/L), conductividad (en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) del sondeo perforado.

#### 2.2.5. Consideraciones hidrogeológicas

Desde el punto de vista hidrogeológico el sondeo afecta al acuífero cretácico incluido en la masa de agua subterránea m.a.s 041.001 Sierra de Altomira perteneciente a la cuenca hidrográfica del Guadiana, fundamentalmente.

La profundidad del nivel piezométrico para el sondeo Villares del Saz-II es de 62.15 m (797.85 m.s.n.m.).

#### 2.2.6. Resultados del ensayo de bombeo

Sondeos EDASU realizó el 26 de Marzo de 2009 el ensayo de bombeo del sondeo Villares del Saz II-, de 137 m de profundidad. Se realizó de manera escalonada, con caudales de 12 L/s (3 horas), 18 L/s (3 horas) y 25 L/s (18.5 L/s), no llegando a estabilizar en ninguno de los tres escalones. Los descensos provocados en el nivel piezométrico son muy pequeños, por ejemplo del orden de 0.70 m para el tercer escalón del ensayo, en el que se bombeó con un caudal de 25 l/s durante 18 horas. El descenso total fue de 1.33 m. La recuperación es rápida, en 6 minutos.

Los parámetros hidráulicos obtenidos tras su interpretación arrojan una elevada transmisividad del orden de 1000 m<sup>2</sup>/día para un coeficiente de almacenamiento de 0,02



estimado según Iglesias (1984) para un acuífero carbonatado cretácico de carácter libre. Para un bombeo continuo de 90 días, y un descenso del nivel piezométrico de 4 m, en teoría se podrían extraer hasta 30 L/s. Sin embargo, conociendo la demanda existente, del orden de 5 L/s, sería recomendable un caudal de explotación que no superase los 15 L/s, situando la bomba a 103 m de profundidad.

### **2.3. Resultados obtenidos**

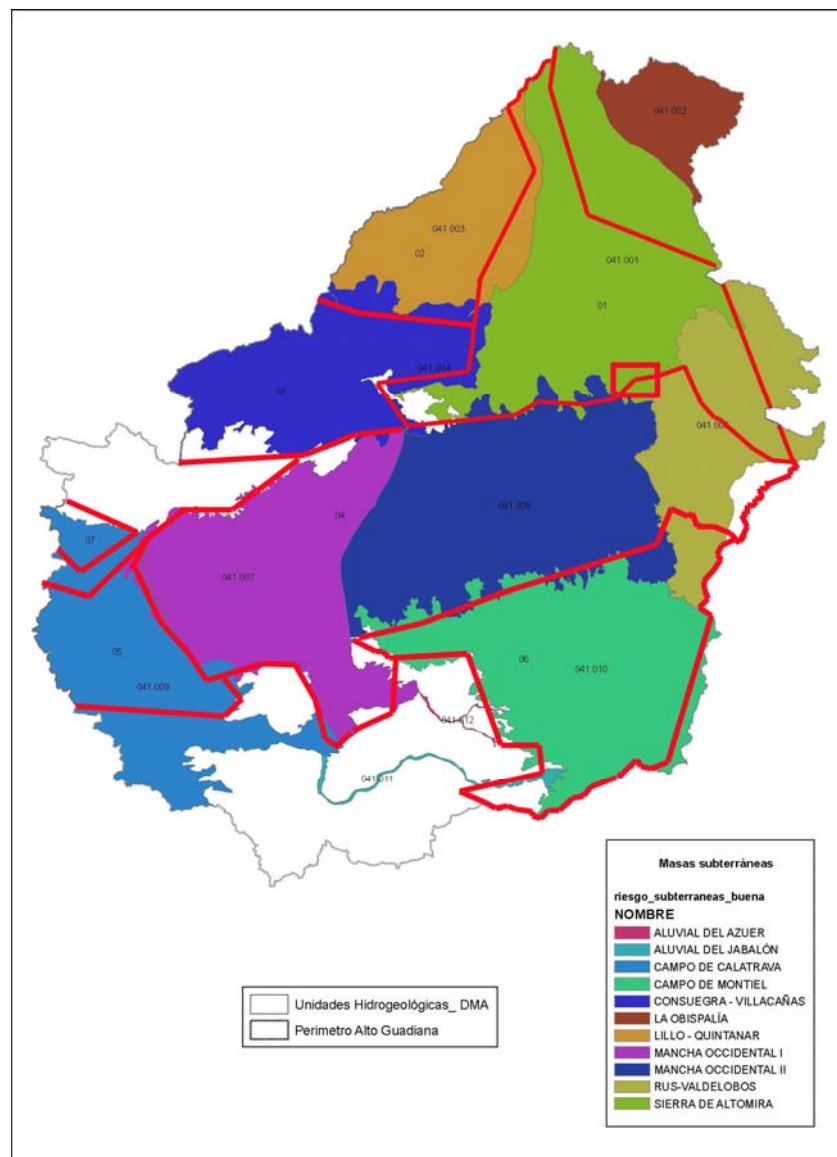
El sondeo Villares del Saz-II alcanzó una profundidad final de 137m. Dicho sondeo se consideró positivo y, tras la prueba de bombeo se recomienda un caudal de explotación que no supere los 15 L/s.

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.

### 3.PROPUUESTA DE LOS PERÍMETROS DE PROTECCIÓN

#### 3.1. Marco hidrogeológico regional

Regionalmente, la zona estudiada se encuentra en la m.a.s. 041.001 Sierra de Altomira, en su extremo meridional, perteneciente a la cuenca del Guadiana (figura 3).



**Figura 3.-** Situación del área estudiada en las antiguas UU.HH. y actuales m.a.s.

La m.a.s. Sierra de Altomira (041.001) está considerada como un acuífero complejo, el cual funciona en régimen libre o de semiconfinamiento en profundidad, cuyo acuífero principal está constituido por los materiales jurásicos. El límite oriental está definido por la divisoria hidrográfica de las cuencas del Guadiana y Júcar por una parte, el contacto con la m.as. (041.002) La Obispalía al NE y el contacto con la vecina m.a.s. (041.005) Rus-Valdelobos al SE. En su parte occidental limita con las m.a.s. (041.003) Lillo-Quintanar y (041.004) Consuegra-Villacañas y en su parte más meridional limita con la ma.s. (041.006) Mancha Occidental II, en contacto con los materiales terciarios de la fosa manchega y con la (041.005) Rus-Valdelobos.

Los acuíferos están formados por una serie de calizas y dolomías jurásico-cretácicas que se apoyan sobre una base impermeable de arcillas, margas y yesos triásicos y que pueden alcanzar una potencia de hasta 1.100 m en el sector oriental de la cuenca. Sobre ellas se sitúa una serie margo-yesífera del tránsito cretácico-terciario y una sucesión de depósitos de origen continental, detríticos a evaporíticos, de edades paleógenas y miocenas y potencias superiores a los 300 m, coronada por afloramientos dispersos de calizas de reducido espesor (IGME, 1983).

La estructura tiene una gran importancia en el funcionamiento hidrogeológico. Así, los niveles margosos que favorecen el despegue de las distintas escamas y cabalgamientos funcionan como impermeables de base que individualizarán acuíferos. Los pliegues anticlinales y sinclinales funcionarán de divisoria de flujo subterráneo, así como las fallas que individualizan bloques y definen las depresiones terciarias. Se consideraba que el funcionamiento de los acuíferos podía ser libre o semiconfinado, según las zonas.

Sin embargo, esta es una simplificación que no refleja la realidad, en cuanto existen más acuíferos que se explotan. Así específicamente se pueden considerar las siguientes formaciones acuíferas, que de techo a base son:

-***Acuíferos carbonatados jurásicos***: aunque se tiende a considerar un único acuífero, se han identificado en los sondeos de investigación hidrogeológica, diferentes horizontes acuíferos, algunos de interés más local y con calidades químicas distintas.

-***Acuíferos detríticos cretácicos***: las Facies Weald y Utrillas, de escaso espesor y poco afloramiento, sí suponen acuíferos de interés local.

-***Acuíferos carbonatados cretácicos***: todo el conjunto, que corresponde a la alternancia de calizas y margas del Cenomaniense hasta los depósitos calco-dolomíticos turonienses. Al estar más próximo a la superficie, es el acuífero más intensamente explotado.

-***Acuífero calco-yesífero del tránsito cretácico-terciario***: aunque su utilización está condicionada por la mala calidad del agua, muy mineralizada, potencialmente supone un gran recurso muy poco explotado.

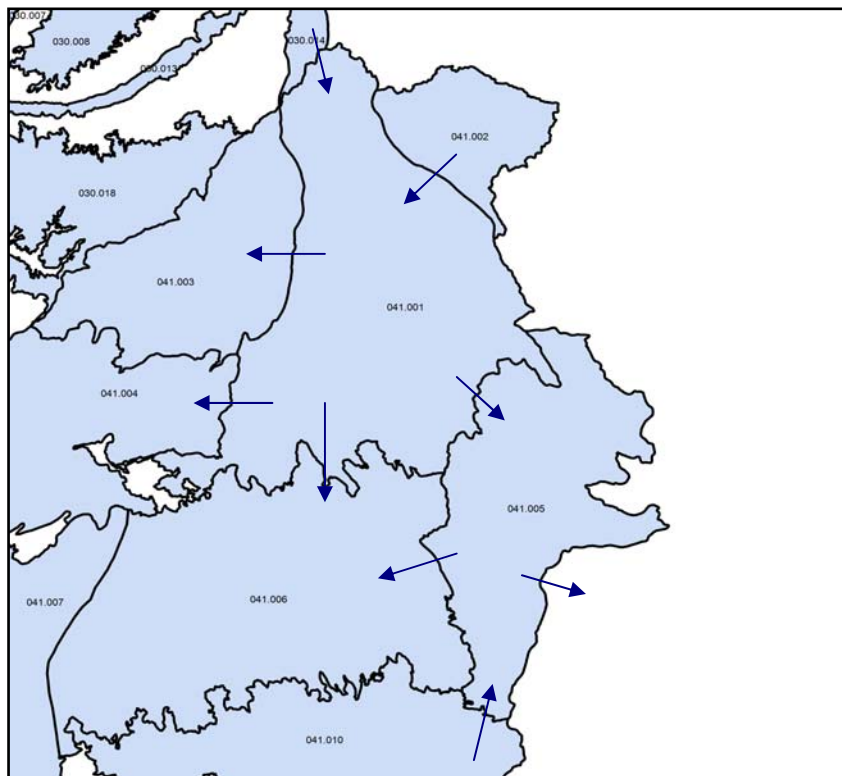
-***Acuíferos detríticos terciarios***: típico acuífero multicapa, con horizontes arenosos y conglomeráticos alternantes con arcillas, y con cambios laterales de facies hacia litologías más evaporíticas, constituye otro acuífero poco conocido y de gran potencial.

-***Acuíferos carbonatados terciarios***: constituyen pequeños acuíferos que hacia el S presentan mayores extensiones pero poco espesor que aparecen, también próximas a la superficie, sobretodo hacia el S del sistema acuífero, siendo muy vulnerables a las afecciones, tanto de explotación como de calidad de las aguas.

Según IGME (1989) existen dos direcciones principales, hacia el río Cigüela y hacia los ríos Saona, Záncara y Rus, esto es, en dirección SE.

Los acuíferos carbonatados jurásicos muestran una circulación preferente hacia el S, hacia Mancha Occidental y Mancha Oriental. No obstante existe un flujo desde la cuenca del Tajo, al N, correspondiente a la ma.s. (030.014) Entrepeñas y desde el S, de la (041.010) Campo de Montiel . También se define una conexión hidráulica

hacia el O, con la m.a.s. (041.003) Lillo-Quintanar, y la m.a.s. (041.004) Consuegra-Villacañas; así como al E a la Cuenca del Júcar. No obstante, dentro de la propia m.a.s. existen áreas desconectadas, principalmente entre los de la zona central y zona occidental. Así se define una circulación hacia el río Cigüela al N y hacia el río Riansares, al O (figura 4).



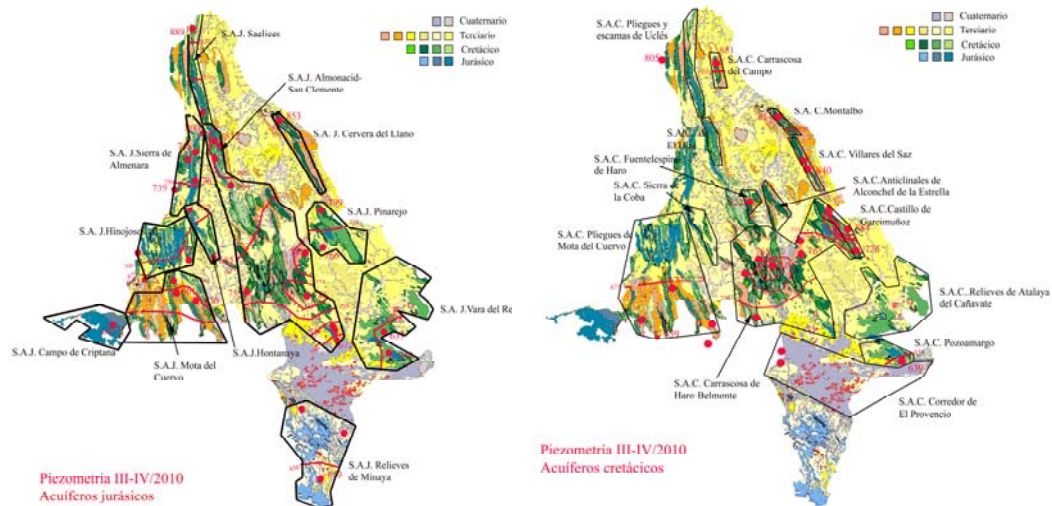
**Figura 4.-** Flujo de aguas subterráneas entre m.a.s (IGME, 2009).

La dirección de flujo de los acuíferos carbonatados cretácicos es hacia el S, a los acuíferos de Mancha Oriental y Occidental, aunque en la zona septentrional, de manera local, los acuíferos drenan hacia los cursos de agua superficiales, Riansares y Bedija. La recarga, aparte de provenir de la infiltración de la lluvia a través de las superficies aflorantes o del goteo de los materiales terciarios, puede provenir de la conexión al E con los materiales detríticos de la Depresión Intermedia y de la conexión con el acuífero cretácico de la Serranía de Cuenca. Otro hecho a señalar, es la existencia, dentro del conjunto de formaciones cretácicas, de distintos niveles

acuíferos, evidencia de una diferente litología y propiedades, con presencia de yesos, como horizontes con diferente fracturación que pueden presentar diferencias en cota piezométrica .

Los acuíferos carbonatados jurásicos y cretácicos no están conectados en la zona septentrional, existiendo una clara diferencia de cotas piezométricas de ambos acuíferos, sin embargo, conforme se aproxima hacia el contacto con Mancha Occidental y la superficie es más extensa y menos plegada, parece existir una conexión hidráulica entre ambos acuíferos.

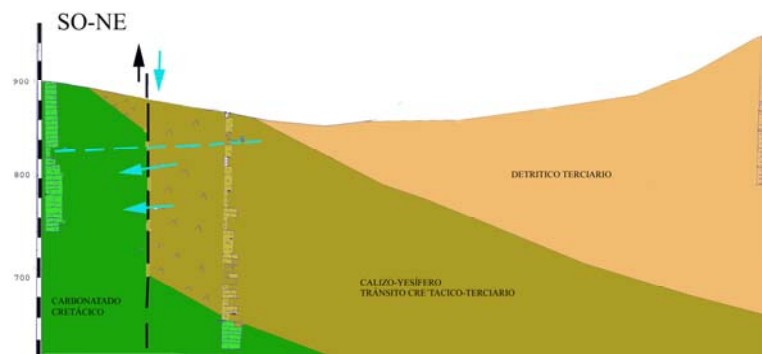
En un estudio en realización del IGME/diputación de Cuenca se han descrito distintos sistemas acuíferos independizados entre sí tanto para los acuíferos jurásicos como para los cretácicos, que pueden tener conexiones entre sí, pero que, debido a la compleja estructura existente, estarán independizados. Las isopiezas y distribución se recogen en la figura 5.



**Figura 5.** Piezometría estimada para los acuíferos jurásico y cretácico.

Así, el sondeo de Villares del Saz se encuentra en el S.A.C. Villares del Saz en el que se han realizado sondeos de investigación en el flanco oriental, el de menor

inclinación, y en el eje del pliegue, obteniéndose caudales de explotación estimados superiores a 20 l/s. La transmisividad es del orden de 1.100 m<sup>2</sup>/día. Las cotas piezométricas se encuentran entre 820-840 m s.n.m. A partir de los sondeos de investigación realizados en Cervera del Llano, se puede establecer que puede existir una conexión entre los materiales yesíferos del Maestrichtiense y las calizas cretácicas (Figura 6).



**Figura 6.** Corte geológico interpretativo de la estructura de la S.A.C. Villares del Saz y la relación de los tres sondeos perforados en Cervera del Llano.

Las transmisividades en el área centro-sur, de los acuíferos jurásicos y cretácicos, son muy variables, resumiéndose en la tabla 2.

Tramo	T (m <sup>2</sup> /día)
Acuífero cretácico	10 a 1000
Acuífero jurásico	10 a 2000 hacia el S

**Tabla 2.-** Transmisividades de los acuíferos en la zona centro-sur de Sierra de Altomira

### 3.2. Marco hidrogeológico local

#### Depósitos detríticos terciarios

Corresponden a materiales detríticos próximos a la estructura anticlinal y que se identifican con las formaciones (8, 9, 11 y 12). (tabla 3, ver anexo mapa geológico).

CAPTACION	COTA (m s.n.m.)	NATURALEZA	USO	CAUDAL (L/s)
Fuente del Villar	900	F	AU	1
Fuente Villares		F	SU	

**Tabla 3.-** Captaciones en depósitos detríticos terciarios (F-fuente, AU-abastecimiento urbano, SU-sin uso).

Hidroquímicamente las aguas son muy variables, en función del contenido en yesos de los depósitos, pasando de sulfato-bicarbonatadas cálcicas, con una conductividad de 735  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a bicarbonatadas cálcicas, con baja mineralización (tabla 4).

	Fecha	C.E.	Mg	Ca	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	Cl
Fuente Villar	3/07	735	13	150	192	220	35	8
Fuente Villares	2/09	373	9	52	40	123	22	13

**Tabla 4.-** Determinaciones fisico-químicas de las aguas en las captaciones en depósitos terciarios. (C.E.- Conductividad eléctrica en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; concentraciones en mg/L).

### **Depósitos carbonatados cretácicos**

Las formaciones calizas que constituyen acuíferos principalmente forman parte de los flancos del anticlinorio de Villares del Saz. En esta estructura se perforaron, fuera del área de estudio, los sondeos de investigación de Cervera del Llano, a unos 8 km al S. En los mismos se atravesaron diversas formaciones carbonatadas y yesíferas que sin embargo presentaban elevados contenidos en sulfatos en las aguas. Posiblemente, todo el conjunto de calizas cretácicas y calizas y yesos garumnienses forman un único acuífero con el mismo tipo de agua. El sondeo Cervera-3, ubicado en el mismo eje anticlinal, presenta similares características hidroquímicas (tabla 5).



CAPTACION	COTA (m s.n.m.)	NAT.	PROF.(m)	PROF. NIVEL PIEZOMETRICO(m)	USO	CAUDAL (L/s)
Sondeo Villares	860	S	83	77 (3/07)	AU	
Cervera-2	870	S	254	31.5 (5/02)		>100
Cervera-3	900	S	164	74 (5/02)		>20
S.N. Villares	865	S	137	62.5(3/09)	AU	30

**Tabla 5.-** Captaciones en depósitos carbonatados cretácicos (nat.-naturaleza, prof.-profundidad, S-sondeo, AU-abastecimiento urbano).

Hidroquímicamente las aguas son sulfatadas cálcicas, muy mineralizadas, con conductividades de 2300-3400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (tabla 6).

	Fecha	C.E.	Mg	Ca	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	Cl
Sondeo Villares	1/07	2020			1178		23	
	3/07	2344	49	364	818	217	25	21
Cervera-2	5/02	3433	81	649	1750	185	20	28
Cervera-3	5/02	3323	92	564	1640	177	17	18
S.N. Villares	3/09	3125	70	510	1370	91	18	16

**Tabla 6.-** Determinaciones físico-químicas de las aguas en las captaciones en depósitos cretácicos. (C.E.- Conductividad eléctrica en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; concentraciones en mg/L).

### 3.3. Vulnerabilidad del acuífero

#### 3.3.1 Inventario de focos de contaminación

El entorno de la nueva captación es agreste, accidentado y sin desarrollo de campos de cultivos ni de otras actividades agropecuarias y/o industriales remarcables en las inmediaciones, si bien es cierto que al sur de la población el gran desarrollo de los abanicos aluviales ha favorecido la instalación de diversos cultivos. Así mismo, al norte de la captación, a dos kilómetros al norte, el valle se ensancha y los depósitos aluviales también dan lugar al desarrollo de huerta.

Como focos puntuales de contaminación, se han considerado los de la tabla 7 y figura 8.

**Tabla 7.- Focos potenciales de contaminación.**

<b>Foco contaminante</b>	<b>UTM_X</b>	<b>UTM_Y</b>
Aguas residuales sin depurar (ARU)	542237	4411391
Vertedero de inertes de reducida extensión (RSU)	543093	4410261
Vertedero de inertes incontrolado	543410	4410850
Cementerio	543084	4410907
Silo	542840	4410642
Coprosol (planta de tratamiento de girasol y pipas)	543084	4410907
Futura depuradora sin construir (ARU)	541493	4412647
Cantera en desuso	540827	4410128
Granja porcina en desuso (pozo NP=1m)	541857	4411795



**Fig. 8. Focos de contaminación puntual en el entorno de Villares del Saz.**

### 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; la elección del más adecuado dependerá del medio geológico del que se trate así como de la cantidad y calidad de la información de la que se disponga para dicha zona. En este estudio se ha seleccionado el método del índice DRASTIC, desarrollado por 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 con un rango 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 zona no saturada (I) y el menor (1) para la topografía (T) (tabla 8).

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).

La obtención de este índice se repite para cada una de las celdas en las que se divide la zona de estudio, en este caso de 500 x 500 m, para así obtener la cartografía de vulnerabilidad del área que se quiere proteger.

El rango posible de valores del índice DRASTIC está comprendido entre 23-226 siendo más 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

El índice DRASTIC se trata de una herramienta para la caracterización del medio físico, en este caso de un acuífero, orientado a obtener unos resultados que luego permitan una correcta gestión del mismo. Se trata pues de una simplificación en la que el criterio hidrogeológico en sentido amplio ha de guiar toda discusión, pues este abarca más aspectos que los siete índices propuestos del acrónimo.

En el caso de acuíferos kársticos, es fundamental tener además en cuenta aquellos rasgos geomorfológicos que sean indicativos de una circulación preferente de agua (sumideros, dolinas, etc.)

La presente cartografía de vulnerabilidad considera el acuífero carbonatado cretácico explotado por el sondeo Villares de Saz-II. El sondeo explota las unidades carbonatadas del Cretácico Superior, en concreto la unidad Brechas dolomíticas de Cuenca e infrayacentes hasta un nivel de yesos, donde se terminó la perforación.

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

- Para hallar el parámetro **D**, profundidad del nivel piezométrico para el acuífero carbonatado cretácico, no se dispone de una piezometría detallada de la zona por lo que se asumirá, en general, la cota del nivel medida en el sondeo ( $NE = 62.15 \text{ m}$ ). A estas profundidades le corresponde un índice  $D = 1$ .
- Respecto a la recarga se ha tomado una infiltración de  $235 \text{ hm}^3/\text{año}$  para una superficie de  $5000 \text{ km}^2$ . La recarga resultante es de unos  $50 \text{ mm.}$ , y el índice DRASTIC  $R = 1$
- La formación principal que constituye acuífero es la *Fm. Calizas y brechas calcáreas de la Sierra de Utiel*. Se le asigna un valor de  $D = 8$ .
- Para el suelo se ha considerado el caso más desfavorable, el de suelo ausente  $S=10$ .
- El valor del índice **T** de topografía se ha calculado para cada celda de la cartografía de vulnerabilidad, mediante la elaboración de un mapa de pendientes (ver Anexo).
- El parámetro **I**, indicativo del papel que juega la litología de la zona no saturada en la protección natural del acuífero, se ha tomado en función de las distintas litologías encontradas:

**I = 6** cuando la zona no saturada está constituida por la formación Margas, arcillas y yesos de Villalba de la Sierra

**I = 9** cuando aflora la formación acuífera cretácica (brechas dolomíticas y calizas recristalizadas)

**I = 2** para las zonas en las que aflora el paleógeno inferior formado por una amalgama de lutitas, limos, gravas, areniscas y arenas.

Las zonas en las que afloran depósitos cuaternarios, se tendrá en cuenta la naturaleza de los depósitos infrayacentes.

- La conductividad hidráulica se ha calculado a partir de los parámetros hidráulicos deducidos del ensayo de bombeo, tomando una Transmisividad de 4300 m<sup>2</sup>/día y un espesor saturado de 125 m de rejilla. La conductividad hidráulica así calculada es aproximadamente de  $k = 35$  m/d, correspondientes con un índice **C = 6**.

Como se desprende de la cartografía de vulnerabilidad realizada (figura 9), las vulnerabilidades obtenidas son de insignificantes a bajas, debido principalmente a la profundidad a la que se encuentra el nivel piezométrico y a que gran parte de la zona considerada se encuentra recubierta por materiales terciarios arcillosos.

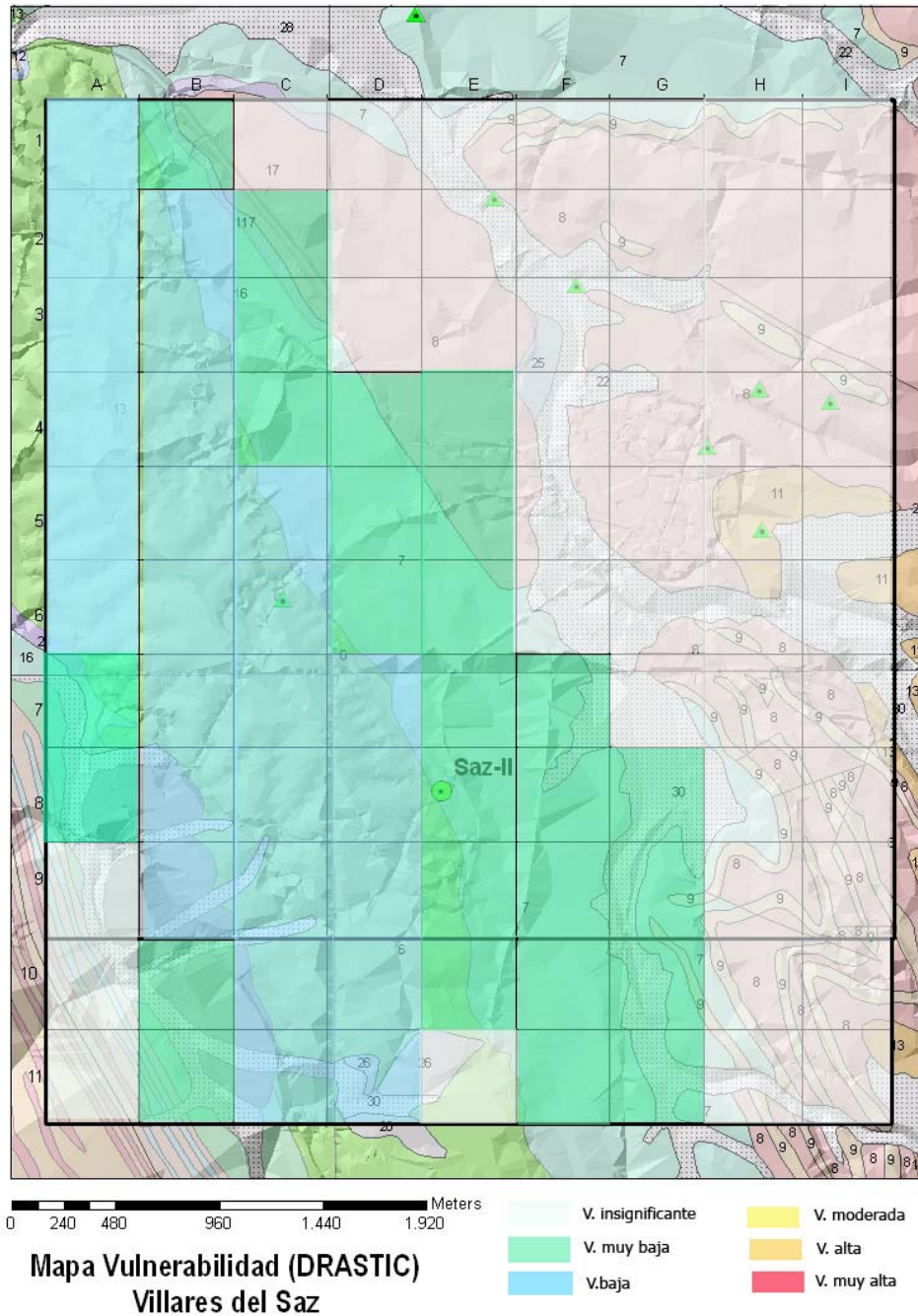
ÍNDICE DE PONDERACIÓN		
PARÁMETROS		DRASTIC
<b>D</b>	Profundidad del nivel piezométrico	<b>5</b>
<b>R</b>	Recarga neta	<b>4</b>
<b>A</b>	Naturaleza del acuífero	<b>3</b>
<b>S</b>	Tipo de suelo	<b>2</b>
<b>T</b>	Topografía. Pendientes	<b>1</b>
<b>I</b>	Impacto en la zona no saturada	<b>5</b>
<b>C</b>	Permeabilidad	<b>3</b>
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 8.-** Índices de ponderación y valores del índice DRASTIC.

A) DESCRIPCIÓN LITOLÓGIA	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)		
0-5	10	
2-6	9	
6-12	5	
12-18	3	
> 18	1	
I) DESCRIPCIÓN LITOLÓGIA 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	



*Figura 9. Mapa de estimación de la vulnerabilidad mediante el método DRASTIC.*



### 3.3. Perímetro de protección de la captación

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

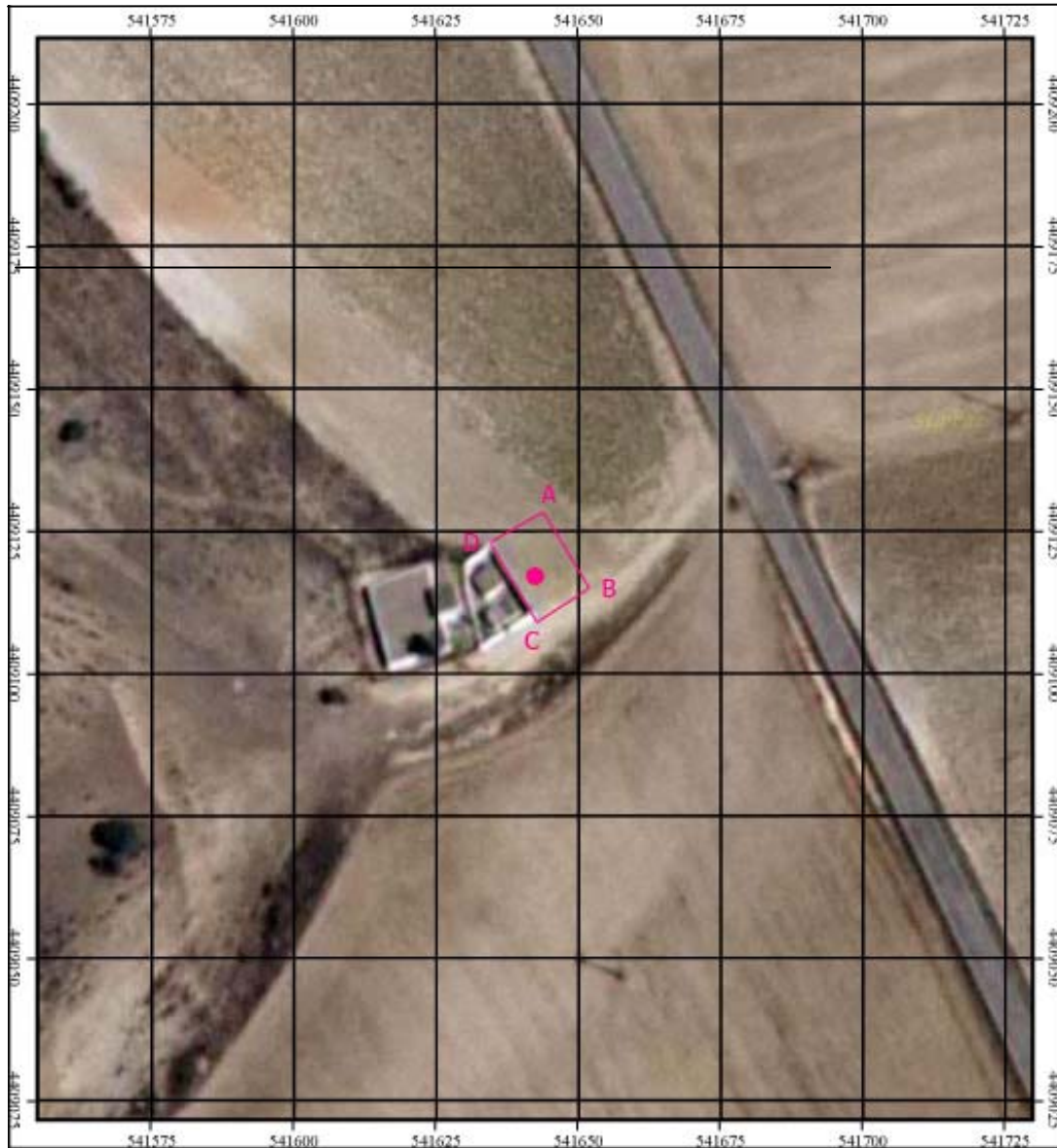
- Zona inmediata o de restricciones absolutas: tiempo de tránsito 1 día o área fija de 100-400 m<sup>2</sup>. Suele estar vallada.
- Zona próxima o de restricciones máximas: tiempo de tránsito 50 días. Protege de la contaminación microbiológica con criterios hidrogeológicos. En algunos estudios se ha usado el descenso del nivel piezométrico o el poder autodepurador del terreno.
- 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 Villares-II, que explota un acuífero carbonatado cretácico de carácter fundamentalmente libre.

1 ) Para la definición de **zona de restricciones absolutas** se propone aplicar un área fija que contemple el vallado y protección del área que encierre el sondeo perforado. El vallado propuesto es un cuadrado de aproximadamente 10x10m de lado y de coordenadas aproximadas las que aparecen en la Tabla 9.

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.

En el interior de este vallado queda prohibida toda actividad agrícola, ganadera, urbana e industrial (figura 10).



*Figura 10. Mapa de la propuesta del perímetro de zona de restricciones absolutas.*

2) 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:

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

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

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

Siendo:

**Q** = caudal bombeado

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

**m** = porosidad eficaz del acuífero

**b** = espesor saturado en la captación

**R** =radio del perímetro de protección

Si consideramos el sondeo de Villares del Saz-II, con un caudal bombeado de 5 L/s, un tiempo de tránsito de 50 días, la porosidad eficaz del acuífero carbonatado cretácico de carácter libre en la zona donde se ubica el sondeo se ha tomado  $2 \cdot 10^{-2}$  y un espesor saturado igual a **36** m de rejilla, el radio de perímetro de protección obtenido es de **175** m (figura 11, tabla 9).

Con estos datos y tomando como radio de influencia los 175 m obtenidos en la ecuación anterior, ninguno de los focos de contaminación puntuales se encontrarían en el campo de influencia del sondeo. La vulnerabilidad de esta zona es de baja a muy baja.

Según la Tabla 10, una serie de actividades han de ser restringidas en dicha zona, ninguna de las cuales se da en la actualidad. La carretera CU-323 atraviesa dicho perímetro, único foco puntual potencial de contaminación en caso de vertido accidental.

Remarcar que en esta área queda prohibida la aplicación de fertilizantes y pesticidas en los campos de cereales circundantes.



*Figura 11. Mapa de la propuesta del perímetro de zona próxima.*

3) Para el establecimiento de la **zona alejada o de restricciones moderadas se han empleado criterios hidrogeológicos conjuntamente con el método del radio en función del tiempo de tránsito** (tabla 9, figura 12).

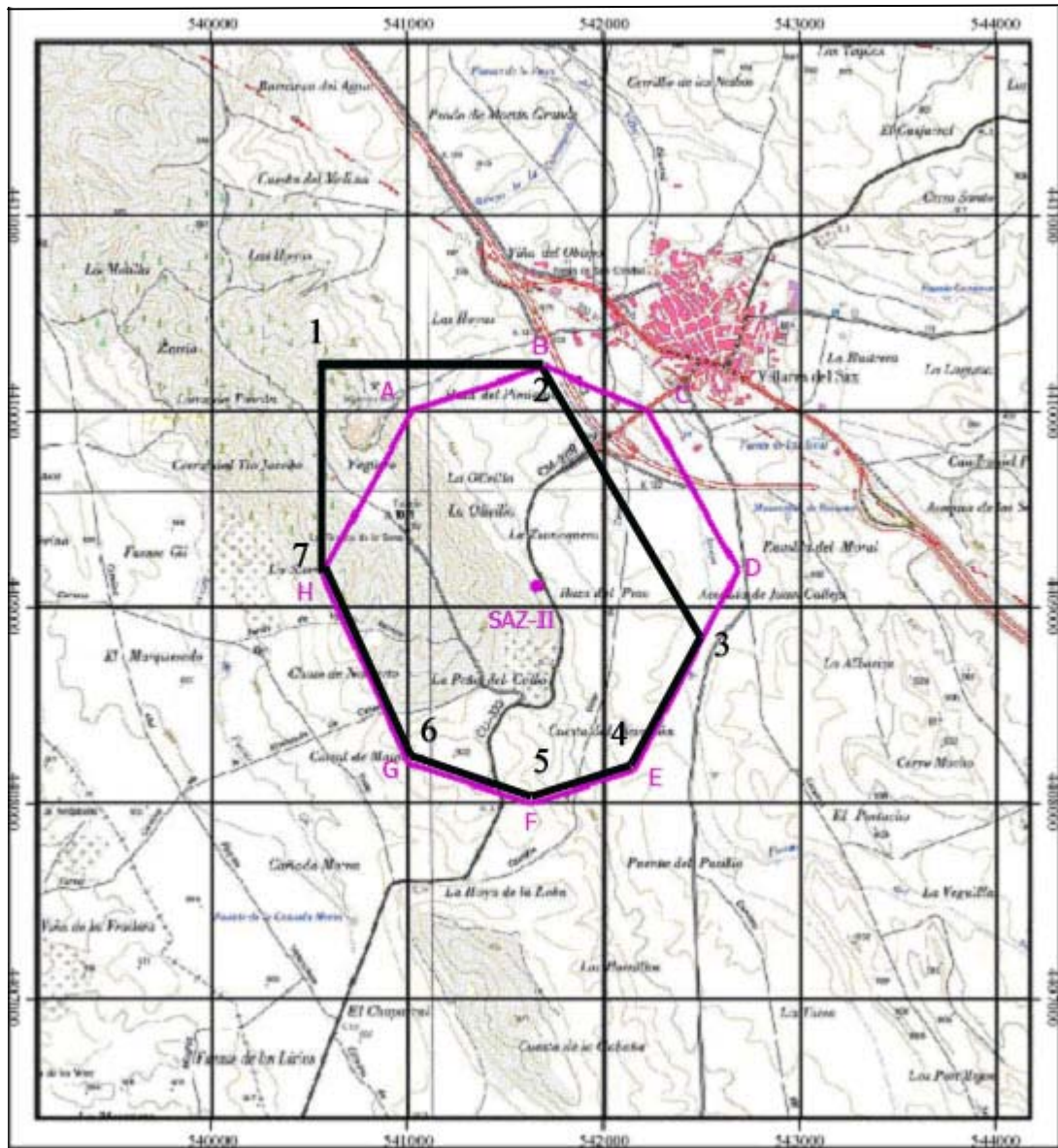
Para un tiempo de tránsito de cuatro años, se obtiene un radio de 936 m considerando como espesor saturado solamente el enfrentado a la rejilla del sondeo. A su vez se limitará en función del afloramiento de los materiales cretácicos y del Tránsito, con

los que pueden estar conectados hidráulicamente, y considerando como límite los depósitos detríticos terciarios suprayacentes, que suponen una protección por la presencia de arcillas.

Las actividades a restringir dentro de este perímetro vienen recogidas en la Tabla 10 destacando la prohibición de vertidos de aguas residuales urbanas en fosas sépticas ni cauces públicos así como la prohibición de establecer dentro del perímetro ningún vertedero de residuos sólidos urbanos. El resto de actividades relacionadas con la agricultura y ganadería deberán estar sujetas a un informe técnico sobre las condiciones a cumplir para que la calidad de las aguas subterráneas no se vea afectada. También se ha considerado incluir en el perímetro, la cantera abandonada existente al NO, para que no se haga uso indebido como punto de vertido.

Respecto al **establecimiento del perímetro de protección de la cantidad** la propuesta del perímetro de protección de la cantidad es la misma que la del área de restricciones moderadas sin la limitación del afloramiento terciario, ya que se trata de evaluar si los sondeos situados dentro del perímetro pueden afectar a la captación. A los sondeos que se perforan dentro del perímetro de protección 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 coordenadas que definen las zonas del perímetro se recogen en la Tabla 9 y en la figura 13 el conjunto de perímetros propuestos.

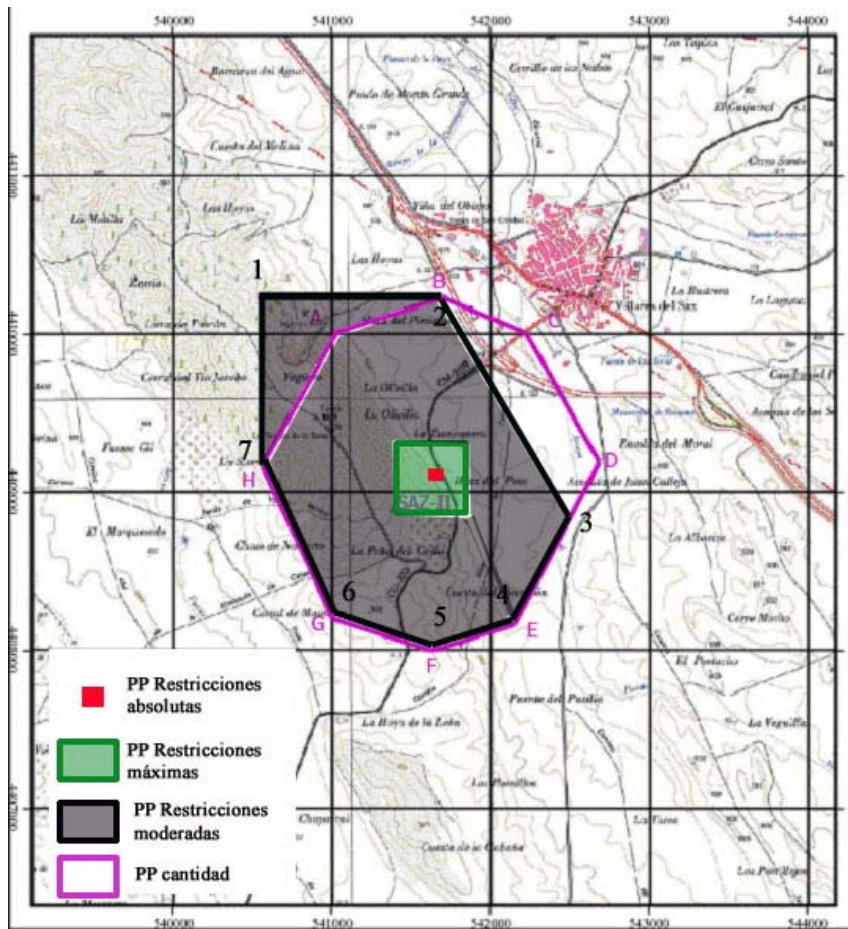


**Figura 10.-** Perímetro de protección de cantidad (en rosa) y calidad propuesto para restricciones moderadas (en negro).

**Tabla 9.** Poligonal envolvente del perímetro de protección de la cantidad y de la calidad propuesto.

	<b>Nº PUNTO</b>	<b>UTM (X)</b>	<b>UTM (Y)</b>	<b>Z (m s.n.m.)</b>
<b>RESTRICCIONES ABSOLUTAS</b>	A	541645	4409128	895
	B	541652	4409117	895
	C	541643	4409110	895
	D	541635	4409123	895
<b>ZONA DE RESTRICCIONES MÁXIMAS</b>	A	541400	4409300	920
	B	541800	4409300	880
	C	541800	4408900	880
	D	541400	4408900	930
<b>ZONA DE RESTRICCIONES MODERADAS</b>	1	540520	4410283	950
	2	541594	4410235	870
	3	542446	4408815	880
	4	542142	4408160	870
	5	541627	4408000	930
	6	540987	4408237	935
	7	540559	4409192	960
<b>ZONA DE CANTIDAD</b>	A	540990	4410000	910
	B	541718	4410200	879
	C	542191	4410000	860
	D	542710	4409212	865
	E	542142	4408160	870
	F	541627	4408000	930
	G	540987	4408237	935
	H	540559	4409192	960

Las actividades a restringir en las zonas del perímetro se recogen en la tabla 10.



*Figura 11.- Perímetros de protección propuestos para la captación Villares-II.*

LOS AUTORES DEL INFORME

Fdo. Marc Martínez y Esther Alonso



	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 10.** Definición de las actividades dentro del perímetro de protección restringidas o condicionadas.

#### **4. BIBLIOGRAFÍA**

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

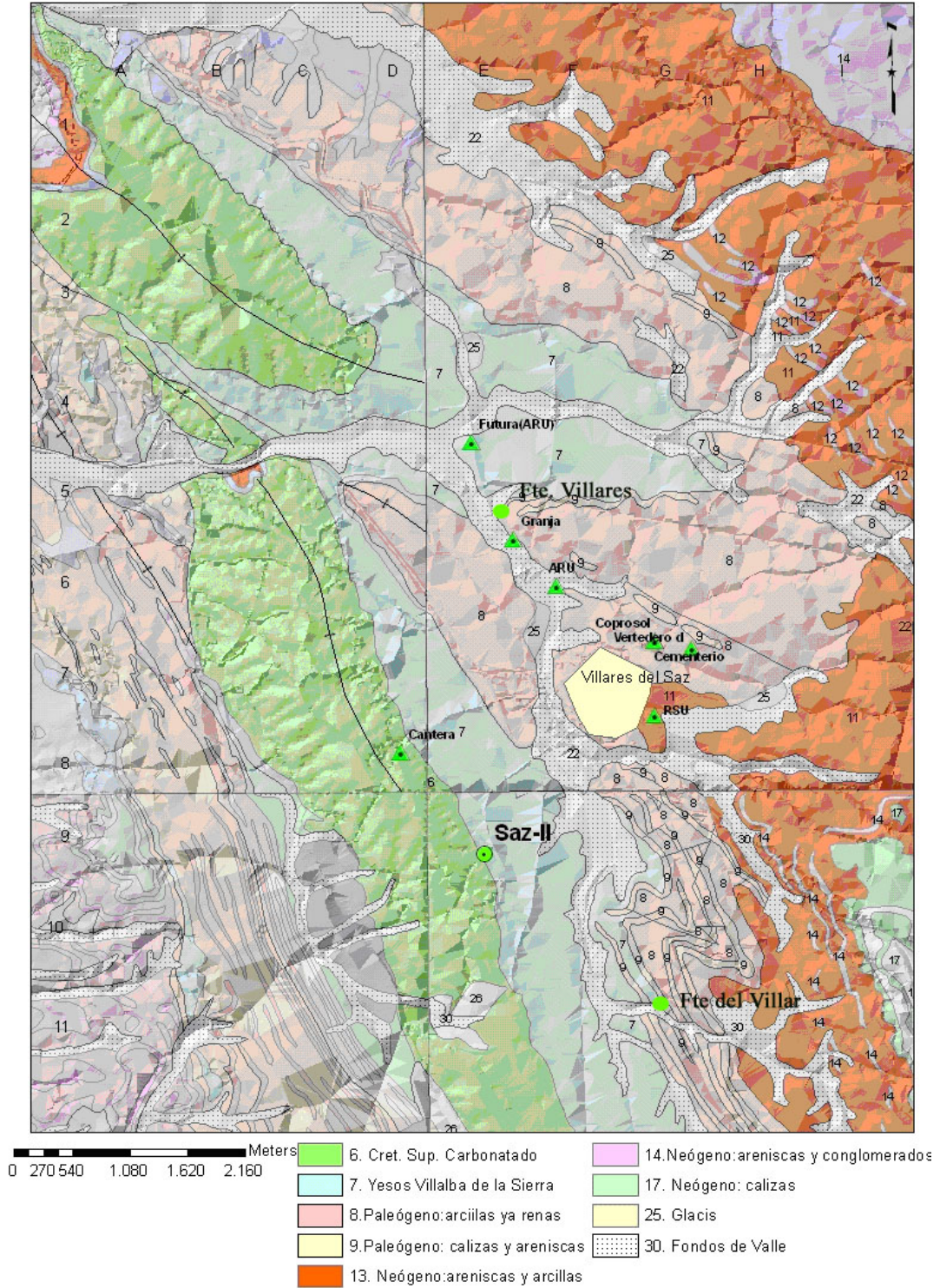
**IGME-CHJ(1992):** Propuesta de normas de explotación de Unidades Hidrogeológicas en el Sistema Hidráulico Alarcón-Contreras. 1991-1992.

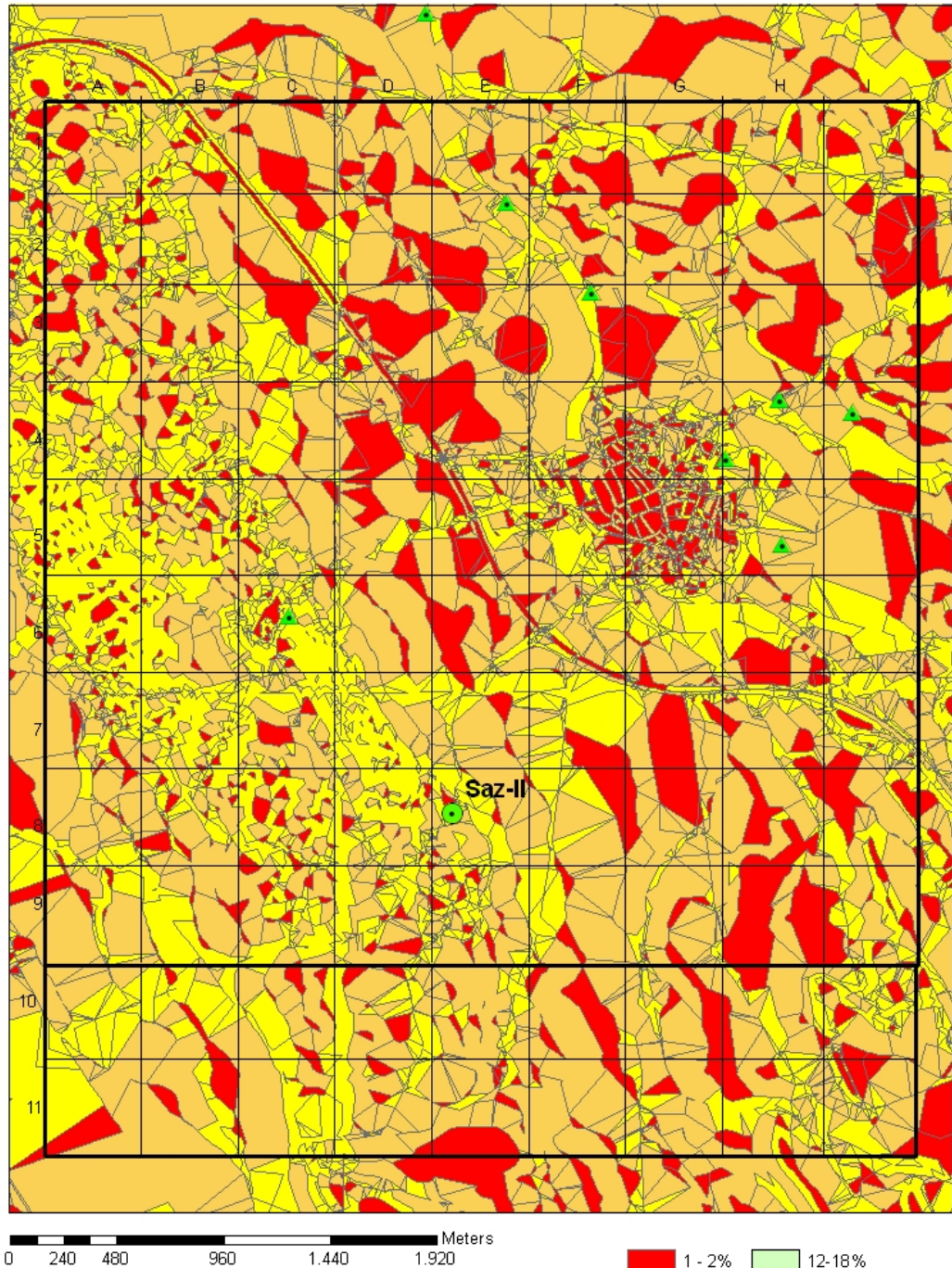
**Iglesias, A; Villanueva, M: Pozos y acuíferos.** Técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo. **IGME (1984).**

**ANEXOS**

**MAPA GEOLÓGICO**  
**MAPA DE PENDIENTES**  
**ESQUEMA DEL SONDEO**

## Mapa Geológico Villares del Saz





Mapa de pendientes. Villares del Saz

### CROQUIS DE POZO VILLARES DEL SAZ (Villares del Saz)

