

INFORME HIDROGEOLÓGICO PARA LA MEJORA DEL
ABASTECIMIENTO PÚBLICO DE AGUA POTABLE A

SAN LORENZO DE LA PARRILLA,

CUENCA

Mayo 2021

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. SITUACIÓN GEOGRÁFICA.....	5
3. SITUACIÓN ACTUAL.....	6
4. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS.....	9
4.1. Estratigrafía.....	9
4.2. Estructura.....	12
5. HIDROGEOLOGÍA.....	14
5.1. Hidrogeología Regional.....	14
5.2. Hidrogeología Local.....	15
5.3. Caracterización Hidroquímica.....	18
5.3.1. Representaciones hidroquímicas.....	20
5.3.2. Informe de aptitud para agua de consumo.....	24
6. FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN.....	25
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	27
8. BIBLIOGRAFÍA.....	29

ANEXO 1. REGISTRO VIDEOGRÁFICO DEL SONDEO PEÑA DEL MUERTO

ANEXO 2. PIEZÓMETROS MITECO

ANEXO 3. ANÁLISIS QUÍMICOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Mapa de situación del municipio de San Lorenzo de la Parrilla.....	5
Figura 2.	Sondeo de abastecimiento Peña del Muerto.....	6
Figura 3.	Depósitos de San Lorenzo de la Parrilla.....	7
Figura 4.	Manantial El Hocino.....	7
Figura 5.	Elementos del sistema de abastecimiento sobre MTN E: 1/25.000.....	8
Figura 6.	Elementos del sistema de abastecimiento sobre ortofoto.....	9
Figura 7.	Mapa geológico y corte de los alrededores de San Lorenzo de la Parrilla (Tomado de MAGNA E:1/50.000..... n° 634 San Lorenzo de la Parrilla).....	13
Figura 8.	Masas de Agua Subterránea de la Provincia de Cuenca y ubicación del municipio.....	14
Figura 9.	Situación de los piezómetros del MITECO de captación del Mesozoico.....	16
Figura 17.	Focos potenciales de contaminación en los alrededores de San Lorenzo de la Parrilla sobre MTN 1:50.000.....	25
Figura 18.	Focos potenciales de contaminación cercanos a los sondeos de abastecimiento de El Raso sobre ortofoto.....	26
Figura 19.	Ubicación del sondeo propuesto.....	28
Figura 20.	Ubicación del sondeo propuesto sobre ortofoto.....	28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Ubicación de los elementos del sistema de abastecimiento.....	8
Tabla 2.	Piezómetros del MITECO de captación del Mesozoico.....	15
Tabla 1.	Parámetros medidos <i>in situ</i> del agua del manantial El Hocino.....	17
Tabla 2.	Parámetros medidos <i>in situ</i> del agua del sondeo Peña del Muerto.....	17
Tabla 3.	Resultados de las analíticas del sondeo Peña del Muerto.....	18
Tabla 4.	Resultados de las analíticas del manantial El Hocino	19
Tabla 5.	Informe de aptitud de agua de consumo humano de las dos muestras	24
Tabla 6.	Focos potenciales de contaminación en los alrededores de San Lorenzo de la Parrilla.....	25

1. INTRODUCCIÓN

La Diputación Provincial de Cuenca y el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) suscribieron en 1980 un Convenio - Marco de Asistencia Técnica para “*la investigación y evaluación de las aguas subterráneas, conservación y aprovechamiento adecuado de los acuíferos*”. Durante los últimos cuarenta años, en aplicación del Convenio - Marco suscrito, el IGME ha venido colaborando, mediante sucesivos convenios específicos de colaboración con la Diputación Provincial de Cuenca, en la ampliación del conocimiento e investigación del medio hídrico subterráneo y en la utilización racional de dicho recurso.

Como continuación de esta colaboración, ambos organismos han establecido un nuevo Convenio Específico para el conocimiento hidrogeológico, el aprovechamiento y protección del abastecimiento de agua a poblaciones y la investigación del patrimonio geológico-hidrogeológico, para los años 2019-2021, en cuyo marco se emite el presente informe.

Su finalidad es realizar un estudio hidrogeológico para la mejora del abastecimiento público de agua potable actual a la población de San Lorenzo de la Parrilla, Cuenca.

2. SITUACIÓN GEOGRÁFICA

El municipio de San Lorenzo de la Parrilla se ubica a 30 km al suroeste de la ciudad de Cuenca, aguas arriba del embalse de Alarcón, a una altitud de 948 m s.n.m., en la comarca de la Mancha Alta.

El municipio se localiza en las hojas geológicas MAGNA a escala 1:50.000 nº 634 San Lorenzo de la Parrilla.

La situación geográfica del municipio enmarcado en la provincia de Cuenca se muestra en la figura 1.

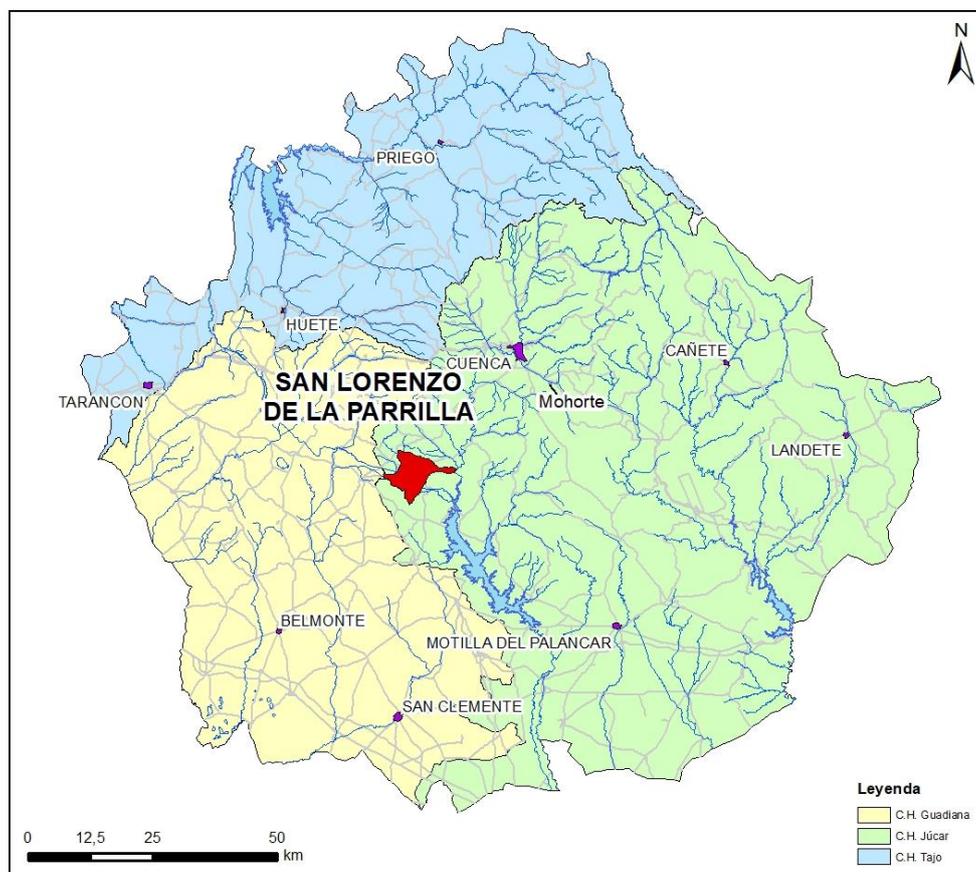


Figura 1. Mapa de situación del municipio de San Lorenzo de la Parrilla

La zona de estudio pertenece íntegramente a la cuenca hidrográfica del Júcar, siendo el curso de agua más importante el propio río Júcar, que discurre en dirección norte-sur y desemboca en el embalse de Alarcón a tan solo unos kilómetros al este de la población.

3. SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente, la población de San Lorenzo de la Parrilla es de 1.040 habitantes para el año 2020 (INE, 2021), incrementándose hasta unos 2.500 habitantes de forma estacional (EIEL, 2021).

Actualmente la localidad se abastece un único sondeo (sondeo Peña del Muerto), de 246,5 m de profundidad que presenta una elevada concentración de sulfatos en el agua. Según la información aportada por el alcalde de la localidad, el sondeo aportaba un caudal de 16 L/s sin haber reportado ningún problema. En la actualidad se ha instalado un variador para que extraiga 10 L/s, suficientes para el abastecimiento de la población.



Figura 2. Sondeo de abastecimiento Peña del Muerto

Debido a que se desconocía el estado y las características constructivas del sondeo Peña del Muerto, de abastecimiento a San Lorenzo de la Parrilla, la Excm. Diputación provincial de Cuenca contrató la realización de un reconocimiento videográfico y testificación geofísica del mismo, el 03 de marzo de 2021 (Anexo 1). Los principales resultados obtenidos fueron los siguientes:

- El fondo del sondeo se encuentra a 246,5 m de profundidad. Está entubado con tubería metálica de 450 mm hasta 152,8 m, reduciéndose a 350 mm hasta final del sondeo. La tubería es ciega hasta 212 m como mínimo.
- A partir de 212 m, la tubería presenta daños estructurales debidas a un colapso parcial. Se observan procesos de incrustación importantes por debajo de 194 m y en el tramo 237-243. Además, se observan hasta 3 zonas de rotura de la tubería a 212,1, 221,5 y 230 m.
- El nivel del agua se sitúa a 186,05 m de profundidad. El agua presentó baja turbidez durante 1 m aproximadamente coincidiendo con la zona de menor conductividad. Por debajo de 187 aumentan ligeramente ambos parámetros. A partir de 202 m aumentan, impidiendo realizar observaciones con cámara frontal.

- La conductividad del agua comienza con unos 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el primer metro de agua (186-187 m de profundidad). A partir de los 187 m, aumenta a 1.200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y a 202 m, aumenta hasta 1.400 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- Respecto al gamma natural, se detectan dos tramos: uno superior desde la superficie del terreno hasta 153,6 m de profundidad con elevados contenidos en arcillas; y uno inferior entre 153,6 y el final del sondeo, con bajo contenido en arcillas.

El agua del sondeo se eleva hasta dos depósitos conectados entre sí, con capacidades de 1.100 m³ y 500 m³ respectivamente, desde los que se distribuye a la población.



Figura 3. Depósitos de San Lorenzo de la Parrilla

Además, en la localidad existe un manantial (manantial El Hocino) que se utilizaba antiguamente para el abastecimiento de la población que presenta elevadas concentraciones de nitratos y que en la actualidad la gente usa para beber y cocinar a pesar de las indicaciones de “agua no tratada”. El manantial presentó un caudal de 1,8 L/s el día de la visita técnica al municipio (9 de marzo de 2021), no obstante, queda mermado en verano según las indicaciones del alcalde de la localidad. Hay un depósito de 450 m³ de capacidad conectado al manantial El Hocino.



Figura 4. Manantial El Hocino

Teniendo en cuenta los datos de población del municipio y el hecho que solo existe una captación de abastecimiento, se considera necesaria la realización de un segundo sondeo que pudiese servir como captación de emergencia en caso de necesidad.

La ubicación de estos elementos del sistema de abastecimiento de San Lorenzo de la Parrilla, queda reflejada en la tabla 1 y las figuras 5 y 6.

	Coordenadas UTM ETRS89 Huso 30		Cota m s.n.m
	X	Y	
Sondeo Peña del Muerto	554259	4412379	968
Depósitos Peña del Muerto	554368	4412080	987
Manantial El Hocino	553921	4411716	936
Depósito Manantial El Hocino	554125	4411755	972

Tabla 1. Ubicación de los elementos del sistema de abastecimiento

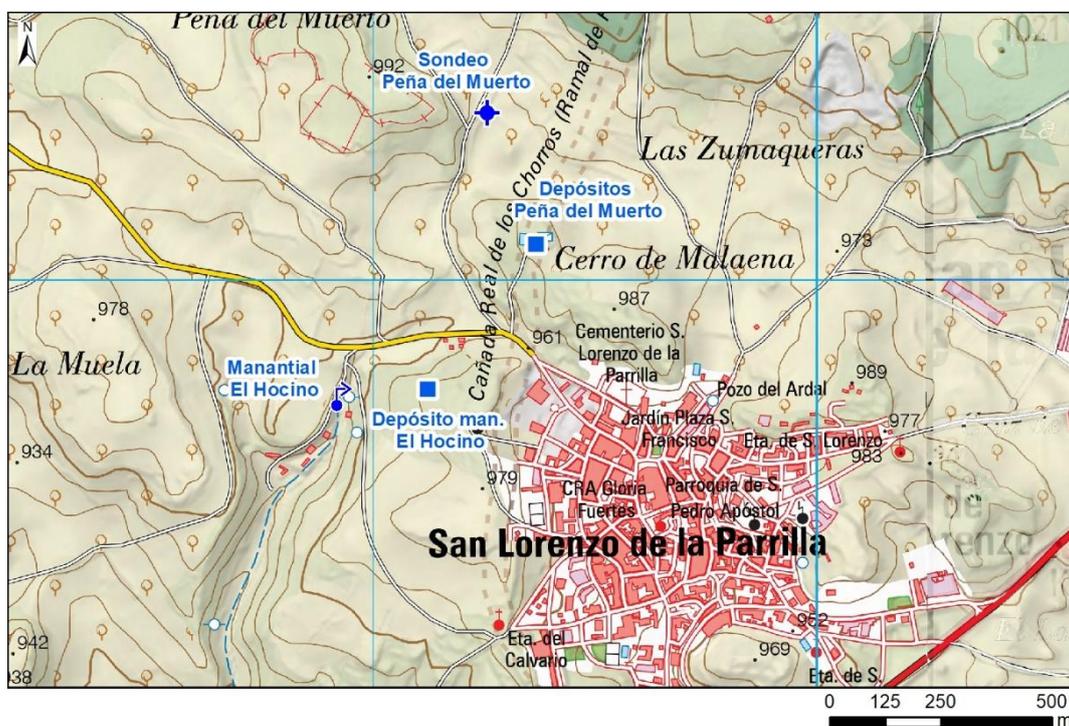


Figura 5. Elementos del sistema de abastecimiento sobre MTN E: 1/25.000



Figura 6. Elementos del sistema de abastecimiento sobre ortofoto

4. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

La zona de estudio se encuentra enclavada en la denominada “Depresión Intermedia”, dominio geológico estructural que constituye la cuenca terciaria desarrollada entre el borde occidental de la Serranía de Cuenca y la Sierra de Altomira. Los materiales presentes en la zona pertenecen a edades comprendidas entre el Cretácico y el Cuaternario.

4.1. Estratigrafía

Los materiales geológicos se corresponden con los descritos en la hoja geológica MAGNA, a escala 1/50.000, nº 634 San Lorenzo de la Parrilla (figura 7), que presentan las siguientes características:

Cretácico inferior

El cretácico inferior no aflora en la zona y está representado por la Fm Arenas de Utrillas (2) Albiense-Cenomaniense inferior, formada por arenas blancas y amarillentas, margas y areniscas con un espesor de 60-100 m, que se apoyan directamente sobre las calizas y dolomías recristalizadas del Jurásico (1).

Cretácico superior

Aflora al norte de la población, dando lugar al anticlinal de San Lorenzo de la Parrilla, situándose por debajo del Terciario en la zona en la que se ubica la localidad. Está formado por los siguientes materiales:

- **Fm. Margas de Chera, Fm. Dolomías de Alatoz, Fm. Dolomías tableadas de Villa de Vés y Fm. Calizas y margas de Casa Medina (3). Cenomaniense-Turoniense.** Sus características son las siguientes:
 - Fm. Margas de Chera. Sucesión de 7-10 m de margas verdes.
 - Fm. Dolomías de Alatoz. Sucesión alternante de margas y dolomías.
 - Fm. Dolomías de Villa de Vés. Dolomías muy recristalizadas estratificadas en bancos métricos con señales de karstificación y brechificación. Tiene unos 25 m de potencia.
 - Fm. Calizas y Margas de Casa Medina. Formada por un tramo inferior de unos 8 m de calizas y uno superior, de 7 m de margas grises.
- **Fm. Dolomías de la Ciudad Encantada (calizas dolomíticas estratificadas) (4).** Turoniense. Se sitúa directamente sobre las margas grises de Casa Medina. Está constituido por dolomías masivas, estratificadas en bancos gruesos con una intensa dolomitización y recristalización y disolución kárstica.
- **Fm. Dolomías de la Ciudad Encantada (calizas dolomíticas estratificadas) y Fm. Margas de Alarcón (5).** Turoniense-Coniaciense. Está formado por un primer tramo inferior, correspondiente a la Fm. Dolomías de la Ciudad Encantada, constituido por una alternancia de 10 m de margas y dolomías que culminan en un tramo superior de naturaleza margosa, del que se han medido cerca de 80 m de potencia de margas con intercalaciones dolomíticas.
- **Fm. Calizas y brechas calcáreas de la Sierra de Utiel (6).** Santoniense-Campaniense. Se apoya directamente sobre el tramo anterior. Está constituido por brechas calcáreas angulosas y tramos no brechificados de calcarenitas, cuya potencia se estima superior a 15 m.
- **Fm. Margas, arcillas y yesos de Villalba de la Sierra (7).** Campaniense-Eoceno. Aflora en el borde norte del anticlinal. Está formado por tres tramos. Uno inferior de margas y arcillas verdes con una potencia de 100 m, un segundo tramo intermedio, también de unos 100-150 m. de potencia, constituido por yesos masivos y nodulares con niveles dolomíticos intercalados, y un tramo superior, fundamentalmente arcilloso y margoso, con niveles calcáreos intercalados.

Terciario

Ocupa la mayor parte de los afloramientos de la zona de estudio, apoyándose discordantemente sobre los materiales del Cretácico.

- **Arenas con cantos cuarcíticos, rosas y blancos, arcillas rojizas (8).** Eoceno medio-Oligoceno medio. Descansa sobre la Fm. Margas, arcillas y yesos de Villalba de la Sierra. Aflora en dirección NO-SE en el área próxima al anticlinal de San Lorenzo de la Parrilla. Está formado por una alternancia de limos, lutitas y cuerpos de gravas, arenas, conglomerados y areniscas. Hacia techo puede haber niveles de caliza interstratificados. Su potencia alcanza entre 130 y 235 m en las hojas adyacentes.
- **Calizas con nódulos de sílex y cantos de cuarzo (9).** Eoceno medio-Oligoceno medio. Se localizan en el anticlinal de San Lorenzo de la Parrilla. Son niveles de caliza con granos dispersos de cuarzo y nódulos de sílex.
- **Areniscas, arenas, arcillas y margas (11).** Oligoceno-Mioceno. Está ampliamente representado en la zona. Se trata de depósitos de areniscas, arenas, arcillas y margas, diferenciados en cuatro tramos. El primero tiene una potencia de unos 20 m y está constituido por areniscas y conglomerados con predominio de arcillas y limos. El segundo son areniscas de 35 m de espesor. El tercer tramo está formado por unos 25 m de limos masivos con intercalaciones de cuerpos arenosos. El último tramo es similar al anterior, pero con predominio de Lutitas y algunas intercalaciones de cuerpos areniscosos y conglomerados de cantos de caliza, cuarcita y cuarzo, con unos 70 m de potencia.

Dentro de esta unidad se pueden distinguir **canales conglomeráticos y/o areniscosos (12)** ya que llegan a alcanzar espesores de 30 m

- **Arcillas yesíferas, margas y calizas (13).** Oligoceno-Mioceno. Por encima de la formación anterior sitúa un conjunto de arcillas yesíferas y margas verdes que cambia lateralmente a un conjunto de **calizas tableadas, arcillas rojas y niveles margosos (14).**
- **Arcillas yesíferas rojas, margas y calizas (18).** Mioceno. Está formado por arcillas con niveles de yesos, limos y capas de yeso detrítico, arcillas y margas.
- **Calizas tableadas, arcillas y margas (19).** Mioceno. Se trata de una unidad fundamentalmente carbonatada, con un espesor de 75 m al oeste de San Lorenzo de la Parrilla.

Cuaternario

Está representado por depósitos de valle, constituidos por arenas, gravas y arcillas (22) y por coluviones asociados a zonas de cierto relieve cuya litología está compuesta por arenas arcillosas con cantos de areniscas (26).

4.2. Estructura

La disposición tectónica del área de San Lorenzo de la Parrilla es relativamente sencilla. El Mesozoico está plegado, quedando el anticlinal de San Lorenzo de la Parrilla como estructura más relevante en este aspecto. El Terciario, fundamentalmente el Paleógeno y Neógeno inferior, está igualmente deformado (fracturado y plegado en menor intensidad), disponiéndose el Neógeno medio y superior discordante sobre los materiales infrayacentes y con deformaciones más suaves. La dirección estructural dominante es NO-SE (dirección Ibérica) y afecta tanto a los terrenos mesozoicos como a los terciarios.

La distribución crono-espacial de los materiales se muestra en el mapa geológico y la leyenda estratigráfica de la zona (figura 7), correspondiente a las hojas geológicas a escala 1/50.000 MAGNA nº634 (23-25) San Lorenzo de la Parrilla.

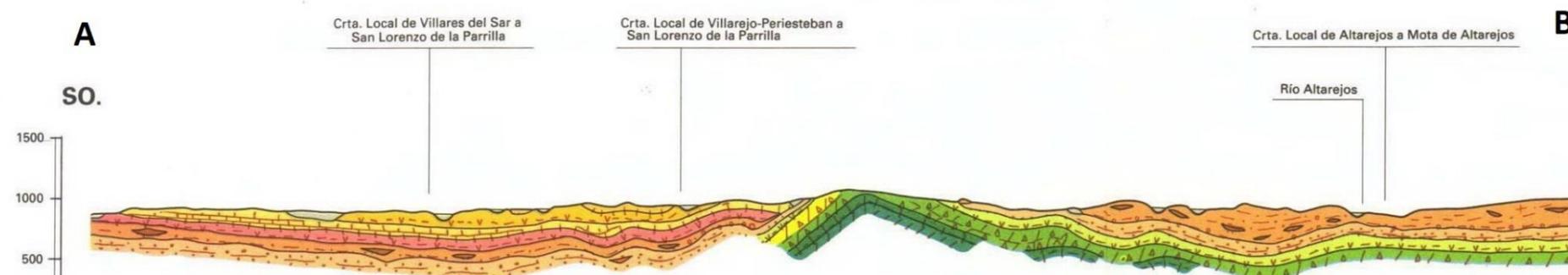
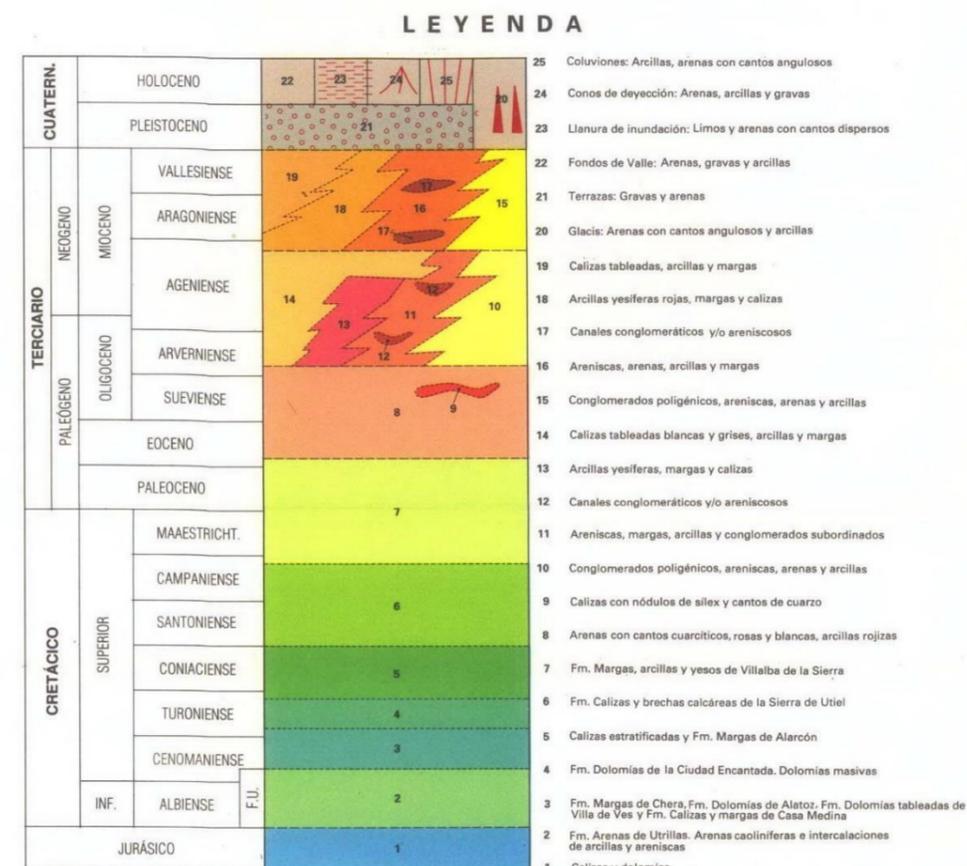
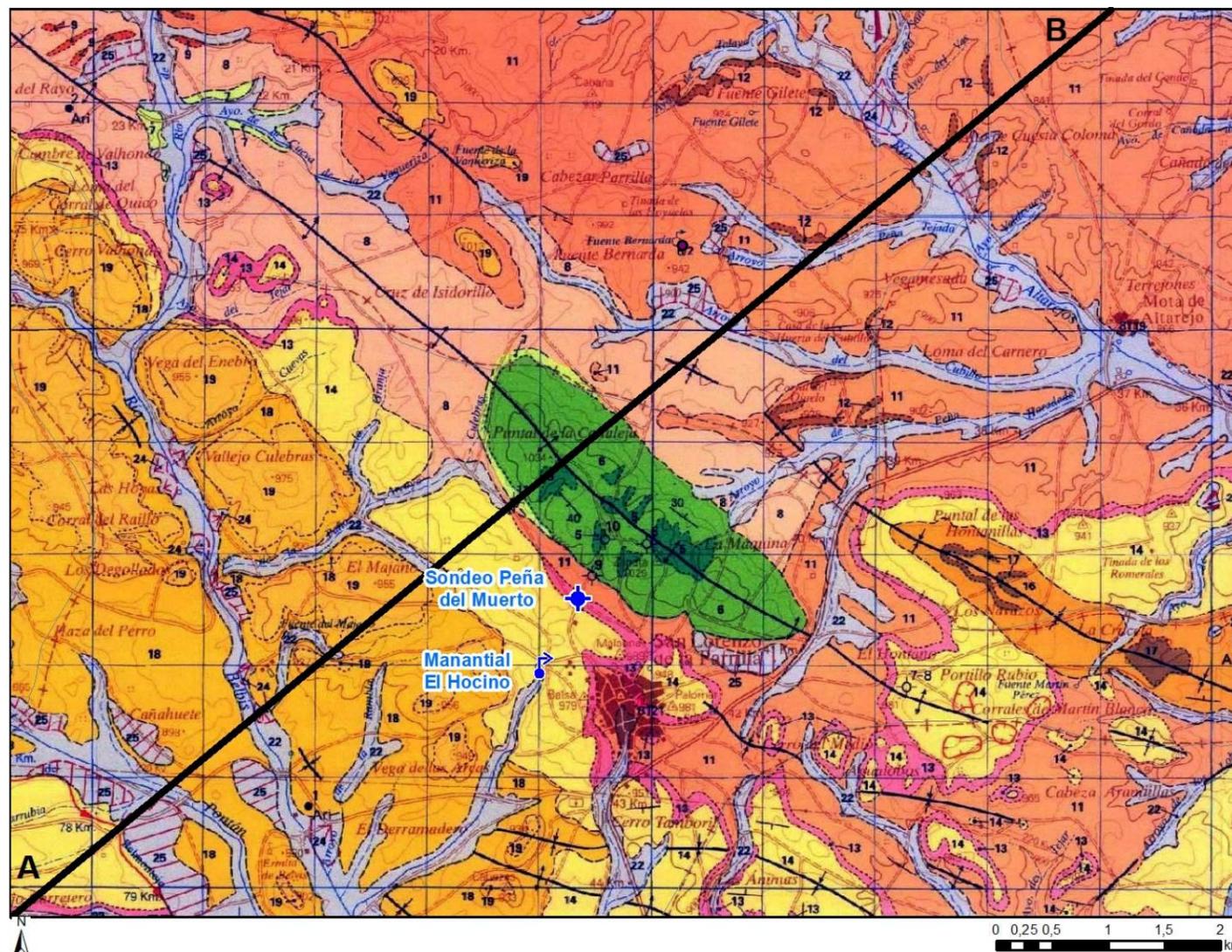


Figura 7. Mapa geológico y corte de los alrededores de San Lorenzo de la Parrilla (Tomado de MAGNA E:1/50.000 nº 634 San Lorenzo de la Parrilla)

5. HIDROGEOLOGÍA

5.1. Hidrogeología Regional

La provincia de Cuenca participa de tres cuencas hidrográficas distintas: Guadiana, Júcar y Tajo, que a su vez quedan divididas en distintas unidades de gestión denominadas masas de agua subterránea (MASb). El municipio de San Lorenzo de la Parrilla está situado en la Demarcación Hidrográfica del Júcar, y más concretamente en la masa de agua subterránea definida en el Plan Hidrológico del Júcar 080.119 Terciario de Alarcón, tal y como se muestra en la figura 8.

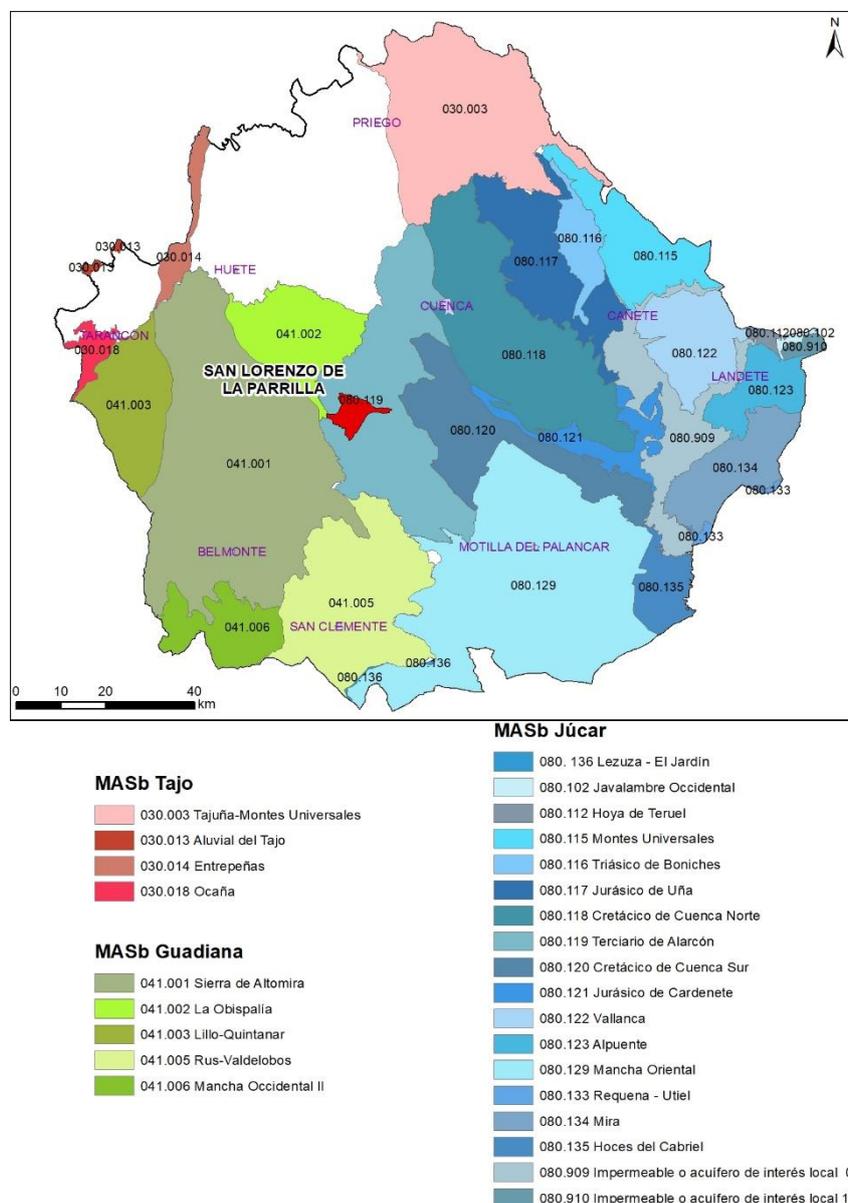


Figura 8. Masas de Agua Subterránea de la Provincia de Cuenca y ubicación del municipio.

El acuífero principal de la MASb 080.119 – Terciario de Alarcón, es un acuífero detrítico multicapa, de entre 500 y 1000 m de espesor, que está constituido fundamentalmente por arenas y arcillas alternantes con niveles de conglomerados, más abundantes en las proximidades de los relieves mesozoicos. Hacia el centro de la cuenca se incrementa la presencia de lutitas yesíferas. El impermeable de base de este acuífero está formado por las arcillas y margas de la Fm. Villalba de la Sierra.

El acuífero se recarga mediante la infiltración directa de las precipitaciones sobre las zonas permeables y la descarga se produce hacia los ríos a través de manantiales.

5.2. Hidrogeología Local

Los acuíferos presentes en los alrededores de San Lorenzo de la Parrilla están formados por los materiales detríticos y carbonatados del Terciario y los materiales carbonatados del Mesozoico.

Materiales mesozoicos

Constituyen el acuífero más importante de la zona de estudio. Se trata de un conjunto de calizas y dolomías que forman un acuífero profundo con permeabilidad muy alta debida a la karstificación y brechificación de los carbonatos. Estos materiales afloran en el anticlinal de San Lorenzo de la Parrilla y se hunden bajo el terciario hacia el SO del mismo.

En las redes de seguimiento y control de las aguas subterráneas del MITECO se observan tres sondeos cercanos al anticlinal situado al norte de San Lorenzo de la Parrilla (Anexo 2). Sus características y ubicación son las siguientes (tabla 2 y figura 9):

Sondeo	Coordenadas UTM ETRS89 Huso 30		Cota (m s.n.m)	Prof. sondeo (m)	Prof. agua (m)	Nivel del agua (m s.n.m)	Fecha medida	Acuífero
	X	Y						
6217	554350	4412900	980,00	269	147,5	832,50	1970	Cretácico y Jurásico
6218	554500	4413200	1010,00	102,1	49,1	960,90	1969	Cretácico superior
6219	553775	4413550	990,00	177,1	137	853,00	1969	Cretácico sup. e inf.

Tabla 2. Piezómetros del MITECO de captación del Mesozoico

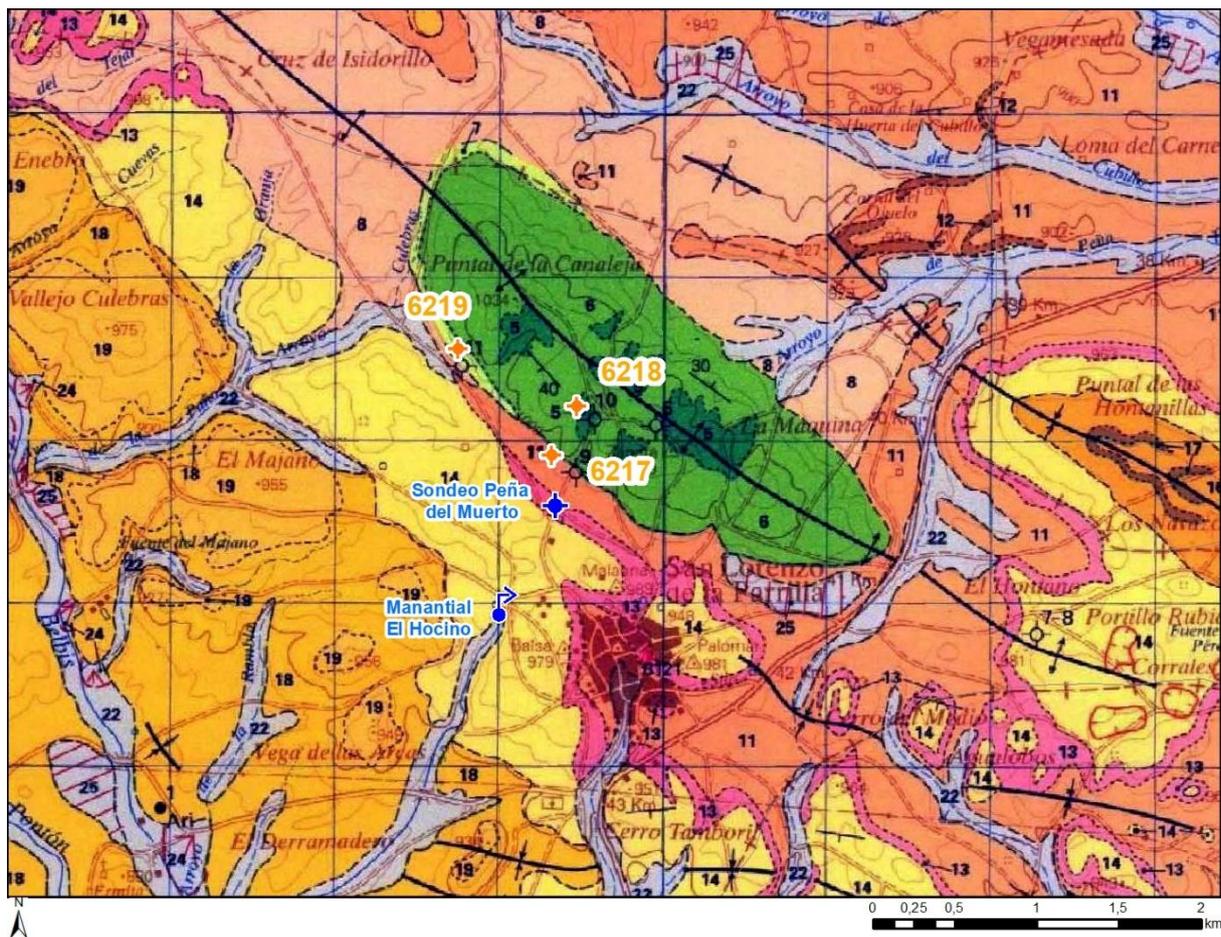


Figura 9. Situación de los piezómetros del MITECO de captación del Mesozoico

La diferencia en la piezometría del sondeo 6218 respecto a los sondeos 6217 y 6219 probablemente se debe a que el sondeo 6218 capta el Cretácico superior teniendo, como impermeable de base, las margas de la base del Cretácico superior (margas de casa Medina y margas de Chera), lo que lo individualiza frente a acuíferos más profundos. Los sondeos 6217 y 6219 profundizan hasta alcanzar el Jurásico y el Cretácico inferior respectivamente. En la zona del anticlinal de San Lorenzo de la Parrilla, el Cretácico superior se comporta como un acuífero libre, mientras que el Cretácico inferior y el Jurásico se encuentran confinados bajo las margas del Cretácico superior.

A ambos lados del anticlinal, El Mesozoico se hunde, confinándose bajo los materiales del Terciario. La dirección del flujo subterráneo en estos acuíferos es en dirección NE-SO, desde el núcleo del anticlinal hacia los flancos

Las aguas de los acuíferos carbonatados mesozoicos presentan, fundamentalmente, facies bicarbonatadas cálcicas o cálcico magnésicas.

Acuíferos terciarios.

Se distinguen acuíferos terciarios formados por calizas, que afloran al oeste de la localidad, y acuíferos detríticos, alrededor y bajo la misma.

Las calizas terciarias pueden aparecer colgadas y aisladas, aunque también pueden aparecer de forma más continua, formando acuíferos de cierto interés para su utilización a nivel local, con aguas que presentan facies bicarbonatadas cálcicas, como es el caso del manantial El Hocino. Durante la inspección técnica de campo del día 9 de marzo de 2021 se tomaron los siguientes parámetros físico-químicos *in situ* del agua del manantial El Hocino:

Temperatura °C	Conductividad μS/cm	pH
13,8	1005	7,15

Tabla 1. Parámetros medidos *in situ* del agua del manantial El Hocino

Respecto a los depósitos detríticos terciarios, constituyen un acuífero muy heterogéneo y anisótropo, con frecuentes cambios laterales de facies. Algunas de estos depósitos pueden formar acuíferos de interés con permeabilidad media o alta debida a la porosidad intersticial.

El sondeo Peña del Muerto, de abastecimiento a San Lorenzo de la Parrilla, parece captar el acuífero detrítico terciario. El hecho de que sus aguas presenten elevadas concentraciones de sulfatos (ver apartado 5.3. Caracterización hidroquímica) puede deberse a que la perforación alcanzó la Fm. Margas, arcillas y yesos de Villalba de la Sierra, aportando sulfatos provenientes de los yesos de la formación.

Durante la visita técnica de campo del día 03/03/2021 se midieron los siguientes parámetros físico-químicos *in situ* del agua del sondeo Peña del Muerto (tabla 4):

Temperatura °C	Conductividad μS/cm	pH
19,2	1419	6,93

Tabla 2. Parámetros medidos *in situ* del agua del sondeo Peña del Muerto

5.3. Caracterización Hidroquímica

Para la caracterización hidroquímica de la zona de estudio, se tomaron 2 muestras de agua durante la visita técnica el 9 de marzo de 2021 y se remitieron a los laboratorios del IGME para su posterior análisis. Los puntos muestreados fueron el sondeo de abastecimiento Peña del Muerto y el manantial El Hocino.

A continuación, se muestran los resultados de las analíticas (incluidas en el Anexo 3: Análisis Químicos), relaciones iónicas, facies hidroquímicas y representaciones gráficas más significativas de cada una de las muestras.

M-1. Sondeo de Peña del Muerto

DQO	Cl	SO ₄	HCO ₃	CO ₃	NO ₃	Na	Mg	Ca	K	mg/l
0,5	8	592	242	0	13	6	59	236	1	

pH(*)	Cond(**)	R.S. 180	NO ₂	NH ₄	PO ₄	SiO ₂	F	CN	mg/l
6,9	1500	1073,8	0,00	0,00	0,00	11,2	<0,5	<0,010	

*ud pH ** μS/cm

Ag	Al	As	B	Ba	Be	Cd	Co	μg/l
	< 1	0,4	< 100			< 0,2		

Cr	Cu	Fe	Hg	Li	Mn	Mo	Ni	μg/l
< 0,05	< 0,2	< 15	< 0,5		0,66		< 0,5	

Pb	Sb	Se	Th	Ti	U	V	Zn	μg/l
< 0,05		0,77					1,51	

Turbidez	UNF
<1	

Relaciones iónicas

Mg/Ca	K/Na	Na/Ca	Na/Ca+Mg	Cl/HCO ₃	SO ₄ /Cl
0,42	0,10	0,02	0,02	0,06	54,65

Facies Hidroquímica

Aniónica	Catiónica
SO ₄	Ca

Tabla 3. Resultados de las analíticas del sondeo Peña del Muerto

M-2. Manantial El Hocino

DQO	Cl	SO ₄	HCO ₃	CO ₃	NO ₃	Na	Mg	Ca	K	mg/l
0,8	11	94	248	0	76	8	10	128	2	

pH(*)	Cond(**)	R.S. 180	NO ₂	NH ₄	PO ₄	SiO ₂	F	CN	mg/l
7,06	725	529,2	0,00	0,00	0,00	12,1	<0,5	<0,010	

*ud pH ** μS/cm

Ag	Al	As	B	Ba	Be	Cd	Co	μg/l
	2,94	0,33	< 100			< 0,2		

Cr	Cu	Fe	Hg	Li	Mn	Mo	Ni	μg/l
< 0,05	0,4	< 15	< 0,5		< 0,5		1,37	

Pb	Sb	Se	Th	Ti	U	V	Zn	μg/l
< 0,05		0,9					1,23	

Turbidez	UNF
<1	

Relaciones iónicas

Mg/Ca	K/Na	Na/Ca	Na/Ca+Mg	Cl/HCO ₃	SO ₄ /Cl
0,13	0,15	0,05	0,05	0,08	6,31

Facies Hidroquímica

Aniónica	Catiónica
HCO ₃	Ca

Tabla 4. Resultados de las analíticas del manantial El Hocino

5.3.1. Representaciones hidroquímicas

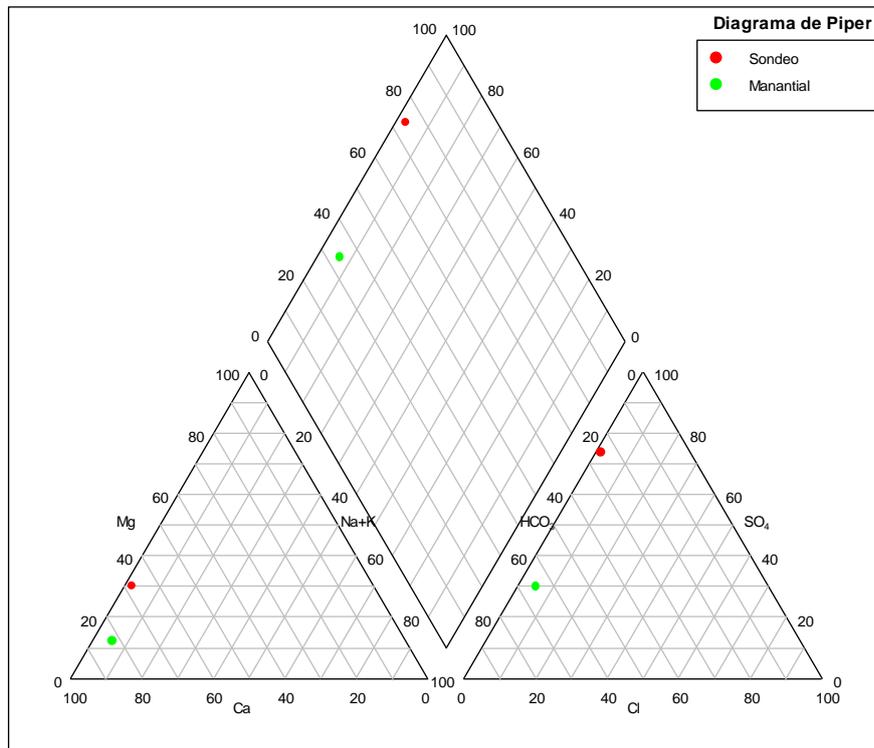
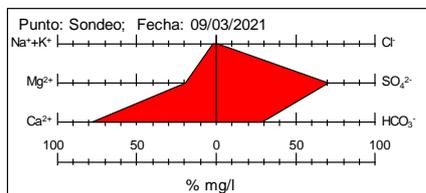
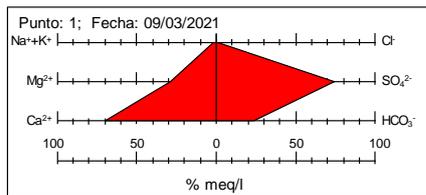


Figura 10. Diagrama de Piper-Hill-Langelier de las dos muestras de agua



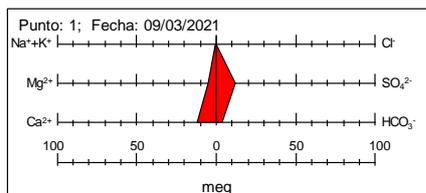
Sondeo			
	mg/l	meq/l	%mg/l
Na+K	7	0,29	2,32
Mg	59	4,85	19,54
Ca	236	11,78	78,15

	mg/l	meq/l	%mg/l
Cl	8	0,23	0,95
SO4	592	12,33	70,31
HCO3	242	3,97	28,74



	mg/l	meq/l	%meq/l
Na+K	7	0,29	1,70
Mg	59	4,85	28,73
Ca	236	11,78	69,72

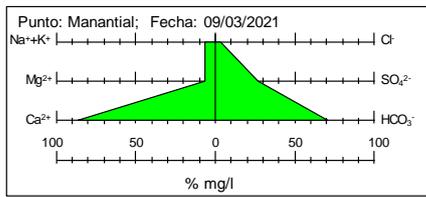
	mg/l	meq/l	%meq/l
Cl	8	0,23	1,37
SO4	592	12,33	74,62
HCO3	242	3,97	24,01



	mg/l	meq/l
Na+K	7	0,29
Mg	59	4,85
Ca	236	11,78

	mg/l	meq/l
Cl	8	0,23
SO4	592	12,33
HCO3	242	3,97

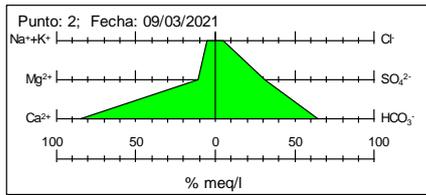
Figura 11. Diagramas de Stiff del sondeo Peña del Muerto



Manantial

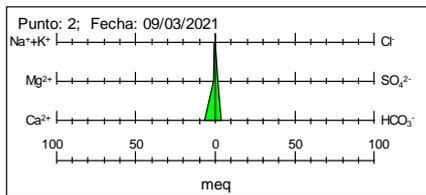
	mg/l	meq/l	%mg/l
Na+K	10	0,40	6,76
Mg	10	0,82	6,76
Ca	128	6,39	86,49

	mg/l	meq/l	%mg/l
Cl	11	0,31	3,12
SO4	94	1,96	26,63
HCO3	248	4,06	70,25



	mg/l	meq/l	%meq/l
Na+K	10	0,40	5,28
Mg	10	0,82	10,88
Ca	128	6,39	84,51

	mg/l	meq/l	%meq/l
Cl	11	0,31	4,90
SO4	94	1,96	30,91
HCO3	248	4,06	64,19



	mg/l	meq/l
Na+K	10	0,40
Mg	10	0,82
Ca	128	6,39

	mg/l	meq/l
Cl	11	0,31
SO4	94	1,96
HCO3	248	4,06

Figura 12. Diagramas de Stiff del manantial El Hocino

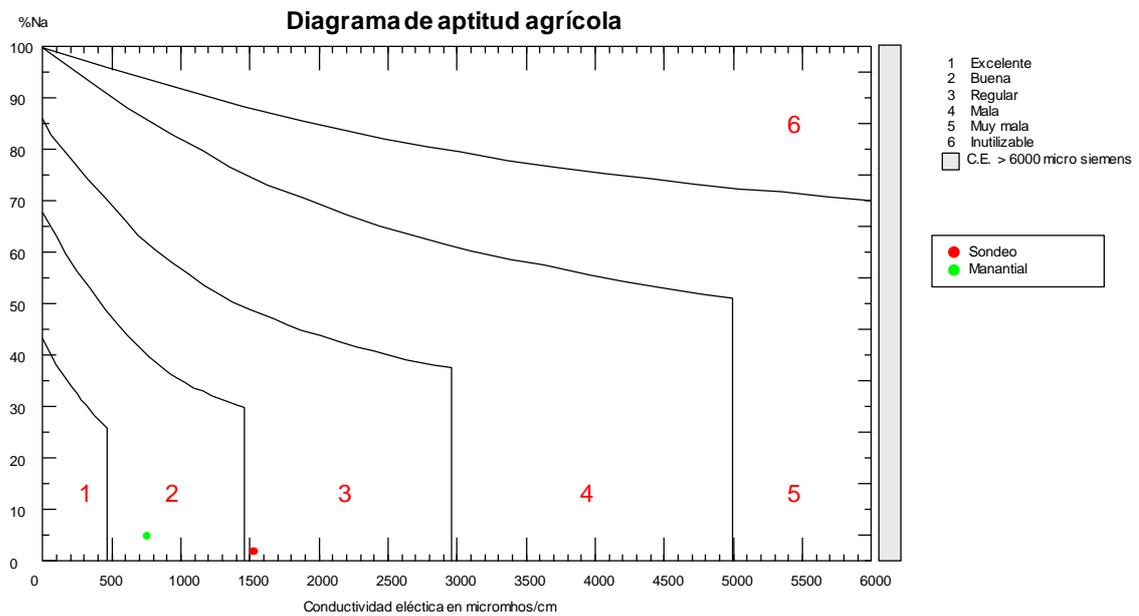


Figura 13. Diagrama de aptitud agrícola de las dos muestras de agua

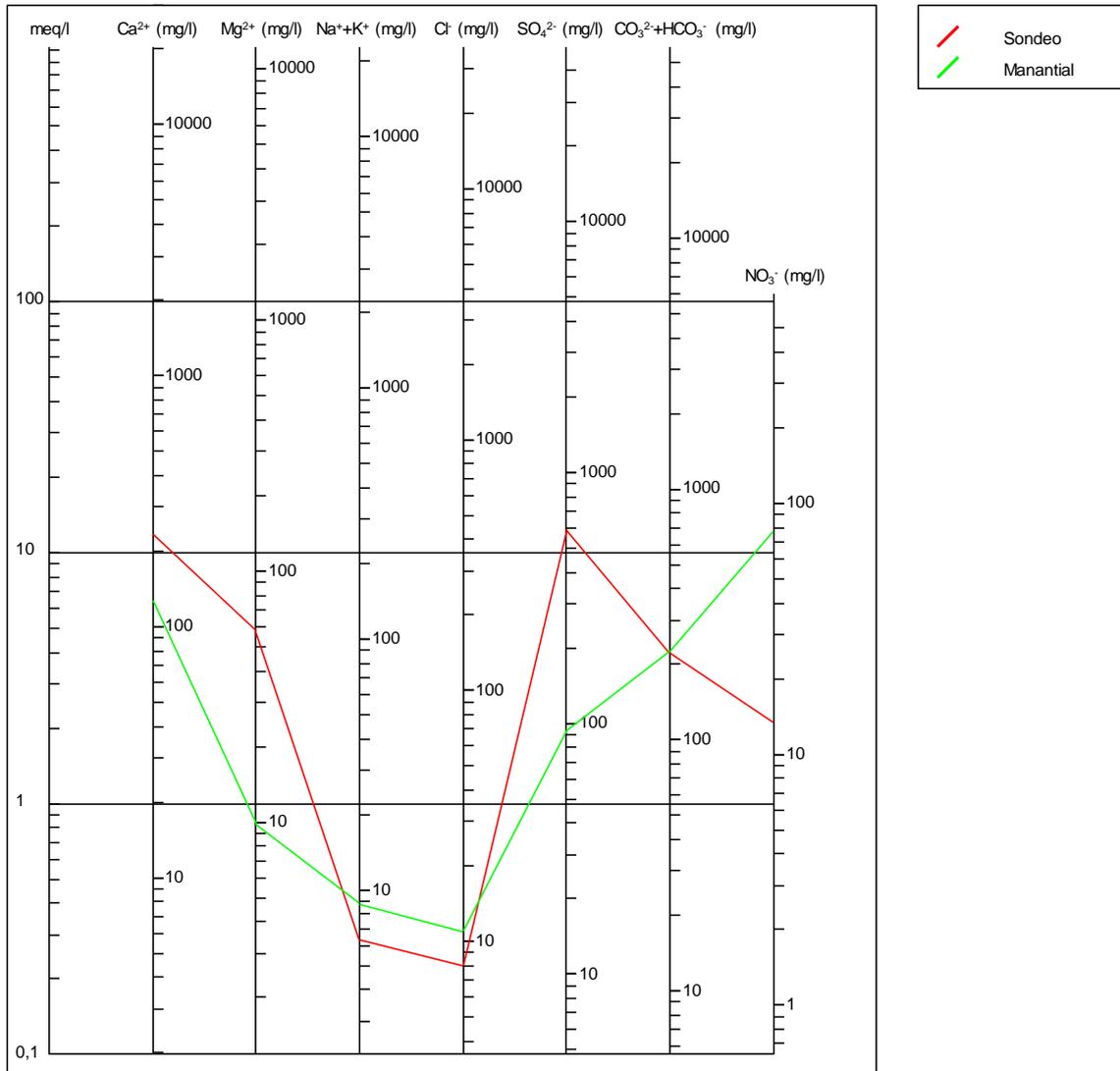


Figura 14. Diagrama de Schöeller de las dos muestras de agua

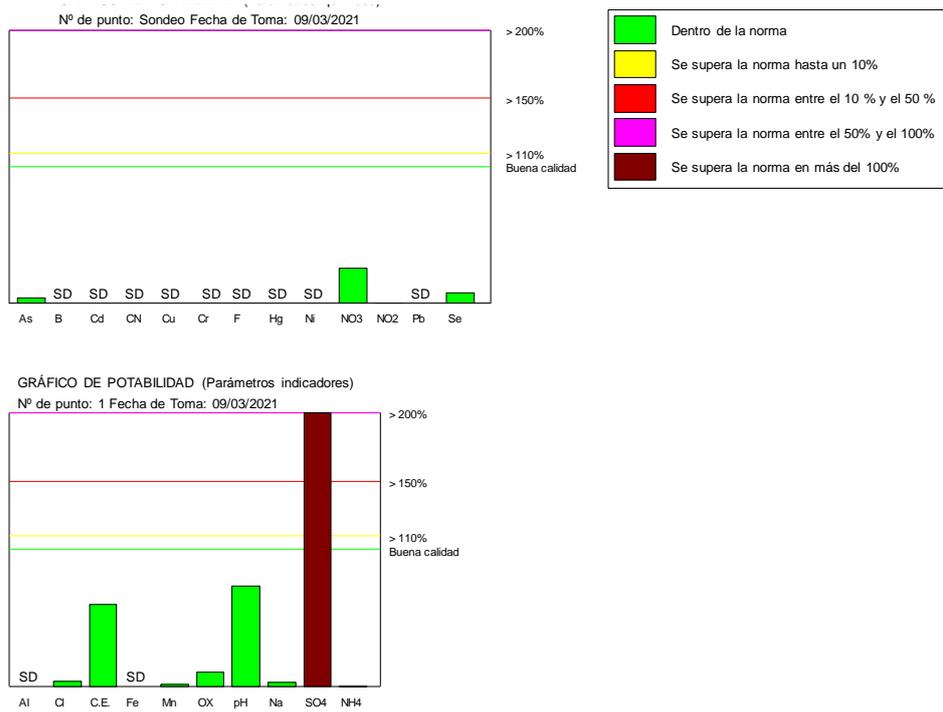


Figura 15. Gráficos de potabilidad del agua del sondeo Peña del Muerto

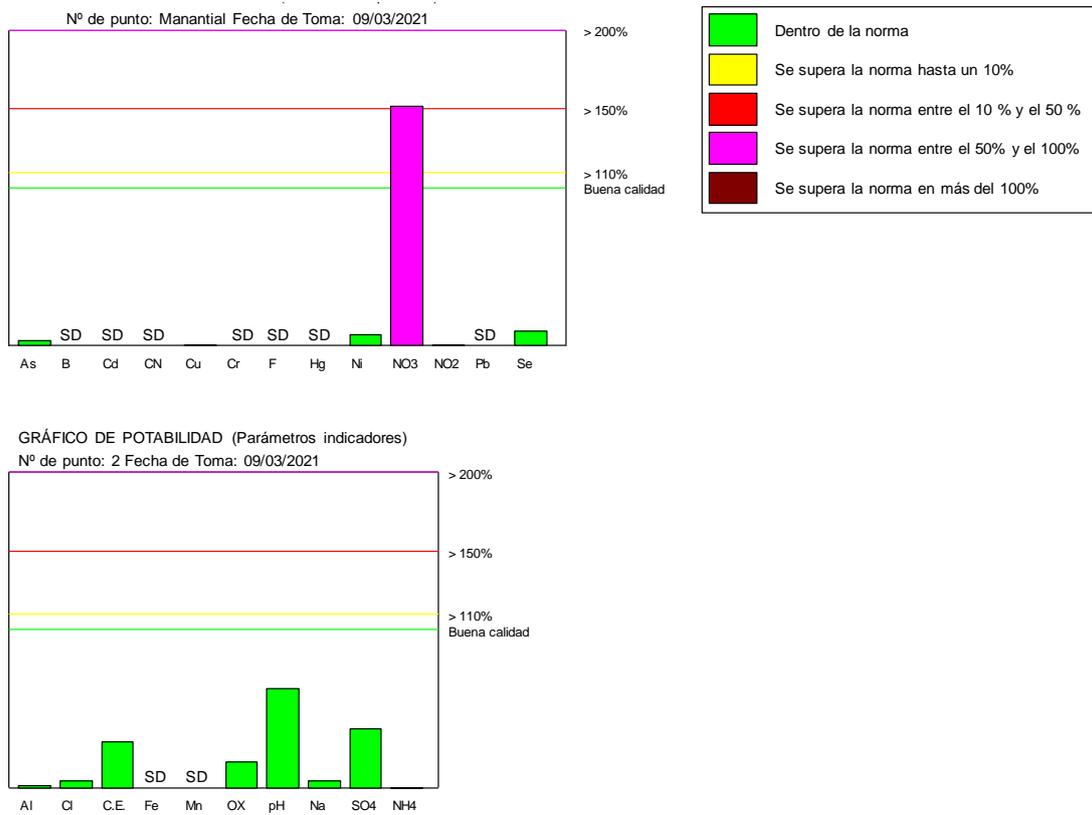


Figura 16. Gráficos de potabilidad del agua del manantial El Hocino

5.3.2. Informe de aptitud para agua de consumo

Los resultados de las muestras enviadas por el laboratorio se han incluido en la tabla 5, así como en el Anexo 3: Análisis Químicos. En la última columna de la citada tabla, se han incluido alguno de los valores paramétricos recogidos en la normativa que regula la calidad para aguas de consumo humano (Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano).

Fechas	Fecha de toma			09/03/2021	09/03/2021	Valores paramétricos fijados en el R.D. 140/2003
	Fecha Terminación de análisis			07/04/2021	07/04/2021	
	Parámetro	Símbolo	Unidad	VALOR DE LA ANALÍTICA	VALOR DE LA ANALÍTICA	
				M-1 S. PEÑA DEL MUERTO	M-2 MAN. EL HOCINO	
Parámetros químicos	Arsénico	As	µg/L	0,4	0,33	10
	Boro	B	µg/L	< 100	< 100	1000
	Cadmio	Cd	µg/L	< 0,2	< 0,2	5
	Cianuro	CN	mg/L	<0,010	<0,010	0,05
	Cobre	Cu	µg/L	< 0,2	0,4	2000
	Cromo	Cr	µg/L	< 0,05	< 0,05	50
	Fluoruro	F	mg/L	<0,5	<0,5	1,5
	Mercurio	Hg	µg/L	< 0,5	< 0,5	1
	Níquel	Ni	µg/L	< 0,5	1,37	20
	Nitrato	NO ₃	mg/L	13	76	50
	Nitrito	NO ₂	mg/L	0,00	0,00	0,5
	Plomo	Pb	µg/L	< 0,05	< 0,05	10
Selenio	Se	µg/L	0,77	0,9	10	
Parámetros indicadores	Amonio	NH ₄	mg/L	0,00	0,00	0,5
	Aluminio	Al	µg/L	< 1	2,94	200
	Cloruro	Cl	mg/L	8	11	250
	Conductividad	CE	µS/cm	1500	725	2500
	Hierro	Fe	µg/L	< 15	< 15	200
	Manganeso	Mn	µg/L	0,66	< 0,5	50
	Oxidabilidad	-	mg O ₂ /L	0,5	0,8	5
	pH	-	Ud de pH	6,9	7,06	6,5 - 9,5
	Sodio	Na	mg/L	6	8	200
	Sulfato	SO ₄	mg/L	592	94	250
Turbidez	-	mg/L	<1	<1	1	

Tabla 5. Informe de aptitud de agua de consumo humano de las dos muestras

El sondeo Peña del Muerto presenta una facies hidroquímica sulfatada cálcica, con una concentración en sulfatos de más del doble de la concentración indicada en la legislación vigente para aguas de consumo humano (R.D. 140/2003), aunque presenta todos los parámetros químicos dentro de los límites impuestos en dicha legislación.

Por su parte, el manantial de El Hocino presenta facies bicarbonatada cálcica, con todos sus parámetros químicos e indicadores dentro de los límites de la legislación vigente a excepción de los nitratos, que superan la normativa en más del 50%.

6. FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN

Durante la visita técnica realizada para la elaboración de este informe, se observaron los siguientes focos potenciales de contaminación en los alrededores de San Lorenzo de la Parrilla

FPC	Coordenadas UTM ETRS89 Huso 30		Cota m s.n.m
	X	Y	
Cementerio	554569	4411738	961
Granja avícola	555566	4411842	955
Gasolinera	554642	4410817	923
Vertido aguas residuales	554453	4410632	906
Almazara	554720	4410903	923
Antiguo vertedero	551656	4412674	897
Punto limpio	554290	4410271	899
Tierras de cultivo	Areal		

Tabla 6. Focos potenciales de contaminación en los alrededores de San Lorenzo de la Parrilla

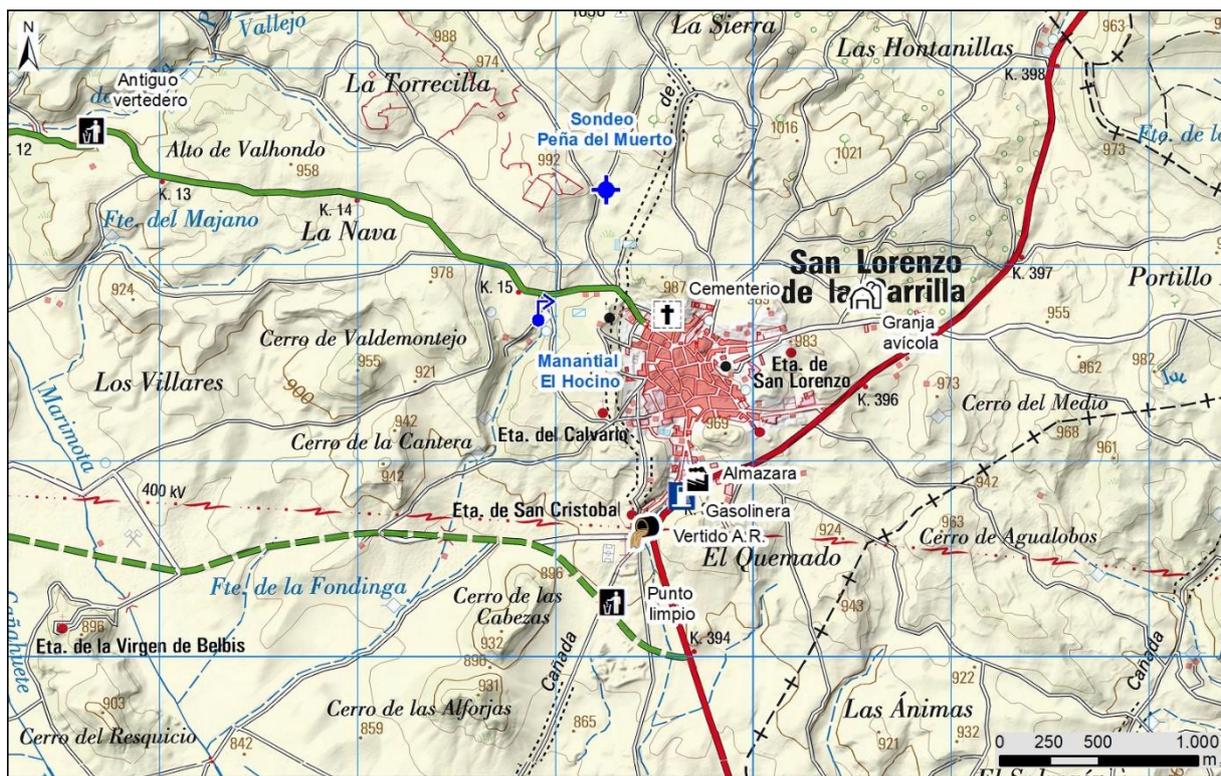


Figura 17. Focos potenciales de contaminación en los alrededores de San Lorenzo de la Parrilla sobre MTN 1:50.000



Figura 18. Focos potenciales de contaminación cercanos a los sondeos de abastecimiento de El Raso sobre ortofoto

Todos los focos puntuales de contaminación se encuentran situados aguas abajo del sondeo Peña del Muerto de abastecimiento a San Lorenzo de la Parrilla, por lo que no alteran su calidad. Además, formaciones geológicas situadas por encima de la zona acuífera captada por el sondeo, presentan facies de escasa permeabilidad (arcillas y margas), protegiendo a las aguas captadas por el sondeo de una posible contaminación proveniente de la superficie.

Sin embargo, respecto a las tierras de cultivo, se observa una probable afección a las aguas del manantial El Hocino, que presentan elevadas concentraciones de nitratos, ya que se encuentran ubicados en el área de recarga del acuífero formado por las calizas terciarias.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La localidad de San Lorenzo de la Parrilla se abastece, en la actualidad, a partir de un sondeo (Sondeo Peña del muerto), ubicado al norte de la población. El sondeo tiene una profundidad de 246,5 m, con el nivel del agua a 152,8 m, y aporta suficiente caudal para abastecer a la población de San Lorenzo de la Parrilla. Sin embargo, el agua presenta elevados valores de concentración en sulfatos.

Por otro lado, existe un manantial (manantial El Hocino) del que se abastecía antiguamente a la población, pero que en la actualidad no está conectado a la red de abastecimiento debido a su escaso caudal y su elevada concentración en nitratos.

Los acuíferos presentes en la zona son de dos tipos:

- *Mesozoicos*. Presentan buena permeabilidad por karstificación y brechificación de los carbonatos que los forman. En general presentan facies bicarbonatadas cálcicas o cálcico magnésicas. Afloran al norte de la localidad, en el anticlinal de San Lorenzo de la Parrilla y se hundían hacia la misma bajo materiales terciarios.
- *Terciarios*. A su vez se diferencia entre acuíferos carbonatados, que pueden presentar cierto interés a nivel local, con aguas bicarbonatadas cálcicas, como es el caso del Manantial El Hocino; y acuíferos detríticos, muy heterogéneos y entre los que se encuentran facies sulfatadas, como en el caso del sondeo de abastecimiento de Peña del muerto.

Con el fin de mejorar la actual situación del abastecimiento de agua de la población, se propone la realización de un nuevo sondeo que capte el acuífero mesozoico y que se pueda utilizar como captación principal de abastecimiento, sustituyendo a la actual captación de Peña del muerto, debido a los elevados niveles que éste presenta en sulfatos. En este caso, quedaría el sondeo de Peña del muerto como captación de emergencia.

El sondeo se ubicará en los alrededores de las coordenadas ETRS89 UTM X: 554437; Y:4412677 y una cota de 1005 m s.n.m., como queda reflejado en la figura 18, emboquillado directamente sobre las calizas cretácicas. Se espera que tendrá una profundidad máxima de 250 m, a determinar durante los trabajos de perforación. Se estima que el nivel del agua se situará en torno a los 150-160 m de profundidad. Con el fin de evitar posibles entradas de contaminantes desde las zonas más superficiales, se cementarán los primeros metros.

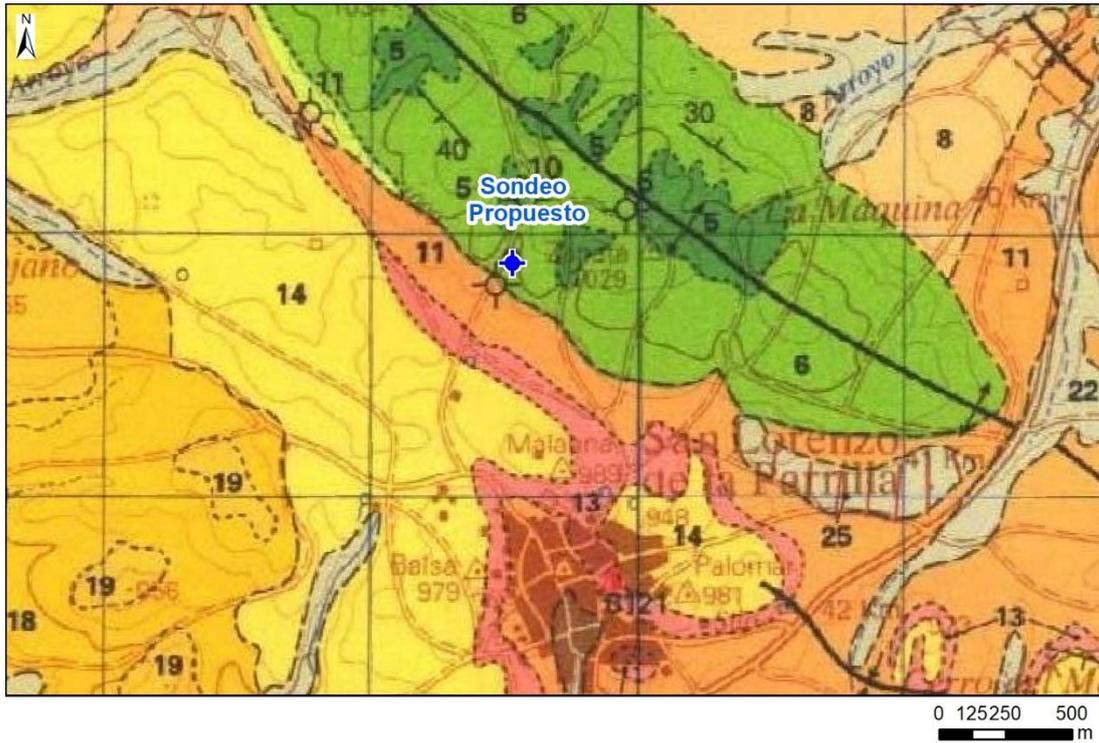


Figura 19. Ubicación del sondeo propuesto sobre mapa geológico

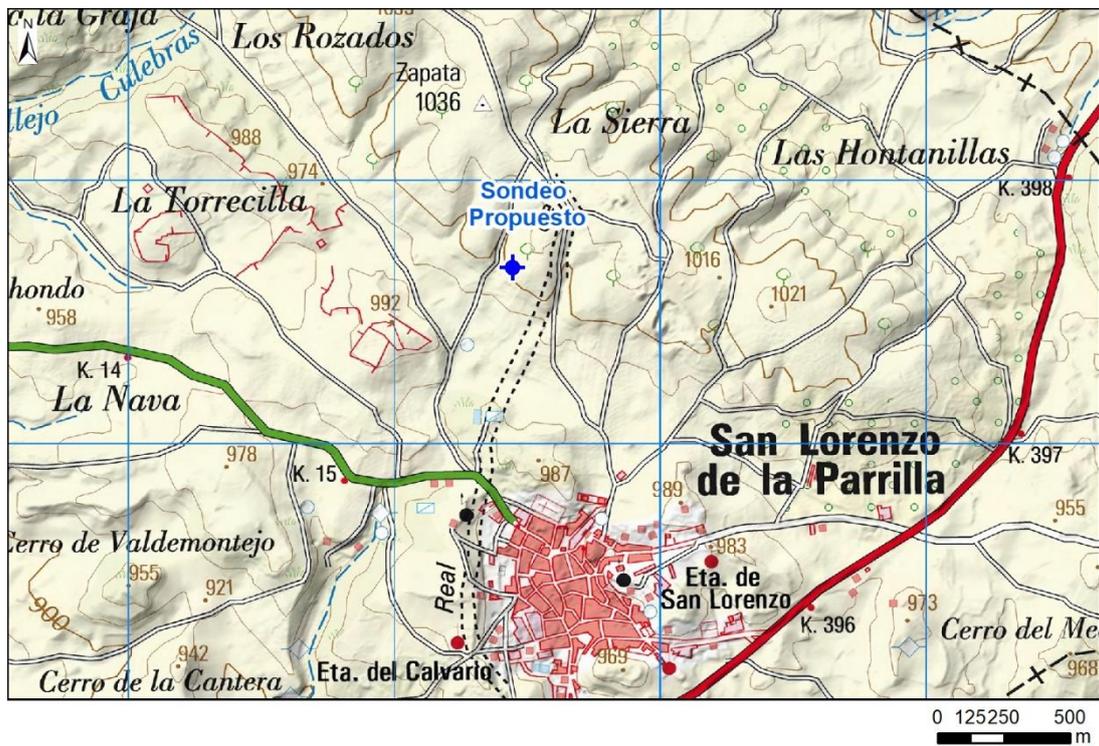


Figura 20. Ubicación del sondeo propuesto sobre MTN 1:50.000

8. BIBLIOGRAFÍA

IGME, 1999. Mapa geológico E 1:50.000 n° 635 (23-25) "San Lorenzo de la Parrilla

IGME, 2006. Actualización de la situación actual de los sistemas de abastecimiento urbano de 10 municipios en la provincia de Cuenca. San Lorenzo de la Parrilla (16191).

INE, 2021. Nomenclátor: Población del Padrón Continuo por Unidad Poblacional. <https://www.ine.es/nomen2/index.do>. Fecha de consulta: abril 2021

EIEL, 2021. Encuesta de Infraestructura y Equipamientos Locales. <http://eiel.dipucuenca.es/geocuenca/>. Fecha de consulta: abril 2021

MITECO, 2021. Redes de seguimiento de las aguas subterráneas. <https://sig.mapama.gob.es/redes-seguimiento/?herramienta=Piezometros>. Fecha de consulta: abril 2021

Madrid, mayo de 2021

Vº Bº: Jefa del Proyecto

La autora del informe

Raquel Morales García

Ana Castro Quiles

Área de Hidrogeología General
y Calidad del Agua del IGME

Área de Hidrogeología
Aplicada del IGME

ANEXO 1

REGISTRO VIDEOGRÁFICO

REGISTRO VIDEOGRÁFICO Y TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA EN EL SONDEO DE ABASTECIMIENTO A SAN LORENZO DE LA PARRILLA (CUENCA).



DIPUTACION PROVINCIAL DE CUENCA

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	2
2	TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA DE SONDEOS	4
2.1	INTRODUCCIÓN	4
2.2	REGISTRO VIDEOGRÁFICO	9
2.3	REGISTRO DEL DIÁMETRO	11
2.4	CONDUCTIVIDAD Y TEMPERATURA	13
2.5	GAMMA NATURAL	15
3	TRABAJOS REALIZADOS	17
3.1	INTRODUCCIÓN	17
3.2	REGISTRO VIDEOGRÁFICO	17
3.3	DIÁMETRO	27
3.4	CONDUCTIVIDAD Y TEMPERATURA	28
3.5	GAMMA NATURAL	29
4	RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	30

ANEXOS

ANEXO 1: DIAGRAFIA

ANEXO 2: REGISTRO VIDEOGRÁFICO Y TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA



1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

En el presente informe, se describe la metodología, trabajos realizados, observaciones, conclusiones y recomendaciones, tras la realización de un registro videográfico y testificación geofísica en una captación de aguas subterráneas destinada para abastecimiento de San Lorenzo de la Parrilla (Cuenca). La captación está situada dentro del término municipal de dicha localidad y propiedad del propio Ayuntamiento.

En los últimos años se ha observado una disminución de caudal (baja productividad del pozo), así como aumento de la turbidez / arrastres durante el bombeo. Aunque la conductividad del agua no es elevada (del orden de 1.500 $\mu\text{S}/\text{m}$), presenta alto contenido en sulfatos del agua (más de 500 mg), según comunicación verbal de la propiedad. La calidad del agua, que debe estar relacionada con las formaciones geológicas del entorno.

Con **objeto** de determinar el estado actual de la captación para determinar la pérdida de productividad, aumento de arrastres y caracterizar el posible origen de sulfatos, se realiza los trabajos que se describen en el presente documento y que son promovidos por la Excelentísima **DIPUTACIÓN DE CUENCA** y realizados por **PERFORACIONES ROMERA**.

El sondeo está **situado** al noroeste de la localidad de San Lorenzo de la Parrilla. Se accede desde la Calle Convento o desde la Calle Hocino, en dirección noroeste. A la salida del núcleo de población, continuaremos por un camino de tierra durante 700 metros, hasta llegar a la captación.

Las coordenadas de los sondeo, obtenidas a partir de la ortofotografía aérea de España (PNOA) del Instituto Geográfico Nacional son:

POZO ABASTECIMIENTO A SAN LORENZO DE LA PARRILLA (CUENCA)	
COORDENADAS	
ETRS 89 UTM 30	
X	554.325,57
Y	4.412.399,55
Z (m.s.n.m.)	975

Tabla 1.- Coordenadas de la captación.

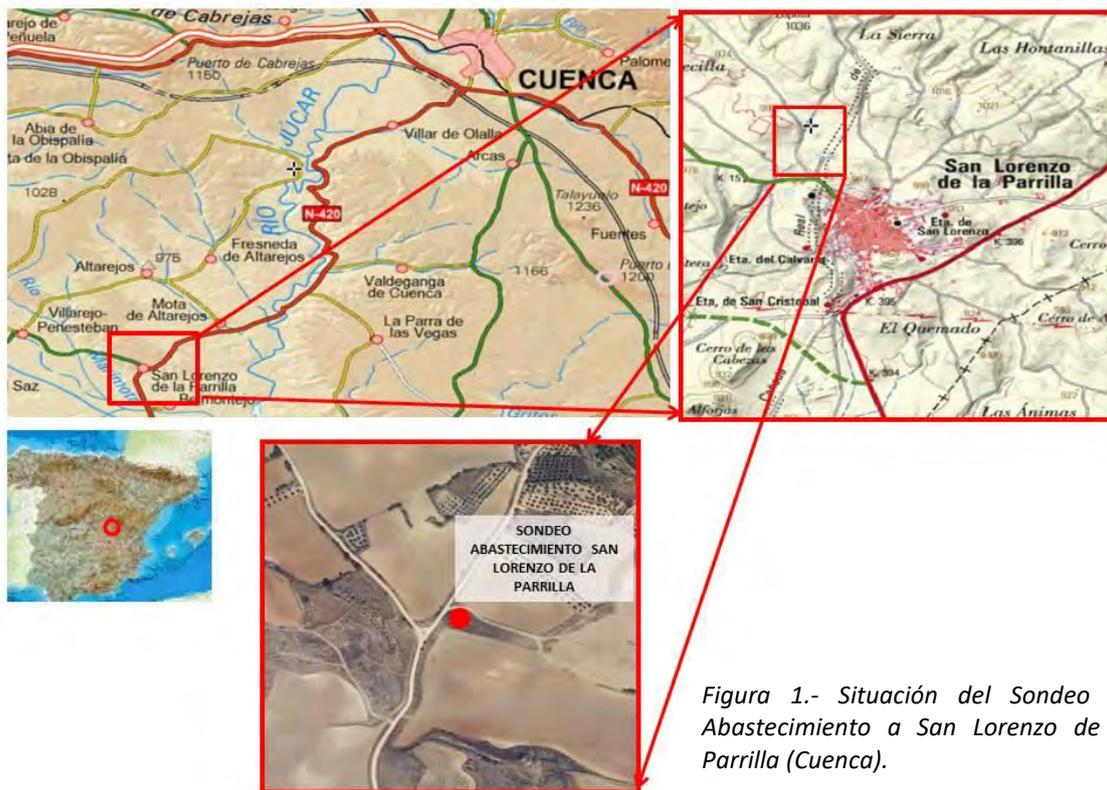


Figura 1.- Situación del Sondeo de Abastecimiento a San Lorenzo de la Parrilla (Cuenca).

Desde el punto de vista hidrogeológico, la captación está situada en la Masa de Agua Subterránea (MASub) Terciario de Alarcón, de naturaleza detrítico carbonatada. Aunque la zona es relativamente llana, las aguas superficiales drenan hacia el sursuroeste, hacia un arroyo, por donde según el Mapa Topográfico del IGN, se indican la existencia de diversos mananciales, hasta el Rio Marimota o Belvis, que vierte las aguas al embalse de Alarcón (Rio Júcar).



Figura 2.- Realización de testificación geofísica en el Sondeo de Abastecimiento a San Lorenzo de la Parrilla.



2 TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA DE SONDEOS

2.1 INTRODUCCIÓN

La testificación geofísica de Sondeos (geophysical logging) es una técnica de investigación del subsuelo, que consiste en la determinación continua de algunas propiedades físico – químicas en el interior del sondeo. Estas propiedades que se registran pueden ser, de la propia formación geológica, del fluido (agua, gas, etc.) que existen en su interior, o del propio sondeo con o sin tubería de revestimiento.

Esta técnica, se utilizó por primera vez el 5 de septiembre de 1927, cuando los Hermanos Schlumberger y otros investigadores, realizaron una medida semicontinua de la resistividad eléctrica en el interior de un sondeo. Esta técnica empezó a utilizarse en el campo de los hidrocarburos. El desarrollo y abaratamiento de la técnica, hizo posible su aplicación a otros campos de las Ciencias de la Tierra, por ejemplo a la Hidrogeología y captaciones de aguas subterráneas.

Un equipo de testificación geofísica, está compuesto de varios elementos:

- **Unidad de visualización, grabación y edición.** Un ordenador portátil de última generación visualiza de forma simultánea los datos registrados por la sonda geofísica a tiempo real. Los datos se van registrando en formato digital para su posterior tratamiento y edición mediante software específico.
- **Cabrestante o winch.** Es un tambor accionado por motor eléctrico donde está almacenado el cable que sostiene la sonda geofísica y que a la vez transmite la información a la superficie. El cabrestante o winch **4WNA MOUNT SOPRIS**, tiene capacidad de hasta 1.000 metros. Consta de un dispositivo de control de la profundidad, para determinar con exactitud la profundidad donde se realizan las mediciones.
- **Unidades de control.** Son dispositivos que nos permiten desde la superficie el manejo del cabrestante (tensión, ascenso, descenso y velocidad del cable) y de las sondas geofísicas. Los módulos de control utilizados son:
 - Unidad de control de la cámara videográfica BT9800.



- Módulo 3WCA-1000 (control local y remoto del winch, indicador de tensión, velocidad del cable y profundidad de la sonda).
- Módulo MATRIX 5MXA para adquisición de datos.
- **Sonda geofísica.** Sensores de emisión o de recepción, se sitúan de forma especial, configurando las sondas de testificación, que determinan las propiedades físico-químicas de las rocas o fluidos atravesados.

Los trabajos realizados, se llevaron a cabo el 27 de abril de 2020. Las sondas geofísicas utilizadas han sido:

- Módulo de registro videográfico para inspección de sondeos (BT9800).
- Sonda caliper para medida de diámetros (QL40-CAL).
- Sonda gamma natural (QL40-GRA).
- Sonda conductividad / temperatura (QL40-FTC).

TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA DE SONDEOS

UNIDAD DE VISUALIZACIÓN, EDICIÓN Y GRABACIÓN

Equipo PC-portátil de última generación



MOUNT SOPRIS
INSTRUMENTS

ALT
Advanced Logic Technology

UNIDAD DE CONTROL

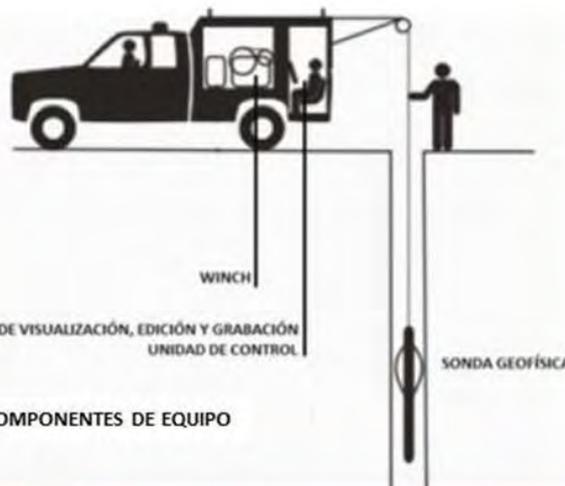
Equipos de control del cabestrante y de la sonda de medida:

- Módulo de control registro videográfico.
- Módulo 3WCA-1000 (control local y remoto del winch, indicador de tensión, velocidad y profundidad de la sonda).
- Consola MATRIX 5MXA para adquisición de datos.



CABRESTANTE

Equipo 4WNA con 1000 metros de cable coaxial de 1/4" para registro videográfico y sondas de testificación geofísica.



SONDAS DE GEOFÍSICA

- Registros videográficos.
- Sondas calíper. Desviación verticalidad.
- Conductividad y temperatura
- Resistividad normal.
- Potencial espontáneo, gamma natural.
- Sónico onda completa. Televiewer, etc.



La **metodología de trabajo**, consiste en conectar una determinada sonda paramétrica a través del cable coaxial de 1/4", dependiendo de los objetivos del estudio y descenderla por el interior de la captación. El sondeo, debe estar accesible y libre de todo el equipamiento electromecánico (bomba, tubería de impulsión, etc.).

Una vez posicionada y centrada la sonda geofísica en el sondeo, debe ser referida a la superficie topográfica, brocal de tubería, base de caseta, etc.).

La sonda se desciende por el interior del sondeo, a velocidad variable, dependiendo de los objetivos de trabajo y del tipo de parámetro a medir. Desde el módulo de control del winch, se modifica la velocidad del registro, sentido (ascenso / descenso), control de la tensión del cable (peso sostenido por el cable), etc. Desde la unidad pc, configuramos la distancia de muestreo (cada 5 mm).

Los datos obtenidos por la sonda, son enviados a superficie, y visualizados a tiempo real en una unidad pc, a través de un software. Cuando la tensión (peso que soporta el cable) disminuye, la sonda ha llegado al fondo del sondeo, volviendo a ascender por el interior hasta la superficie.

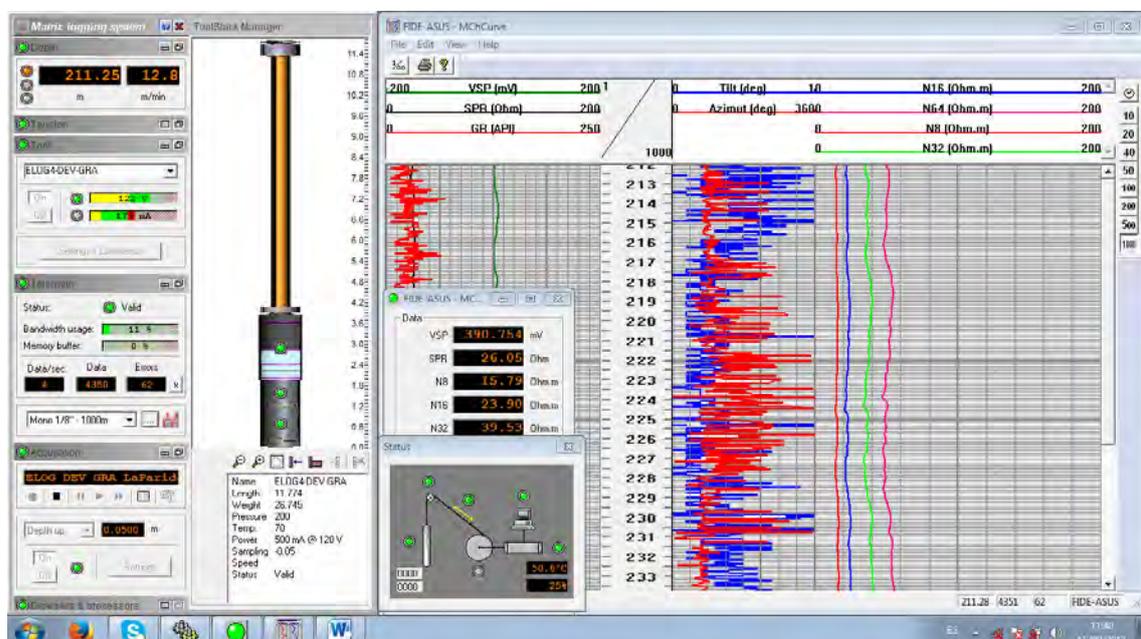


Figura 3.- Software específico, donde se muestran los datos obtenidos a tiempo real.

Finalizado el registro, los datos son procesados a través del software WellCad, obteniendo una representación de una determinada propiedad físico – química (eje x) con respecto a la profundidad del sondeo (eje y). Esta representación se denomina diagráfía o log.

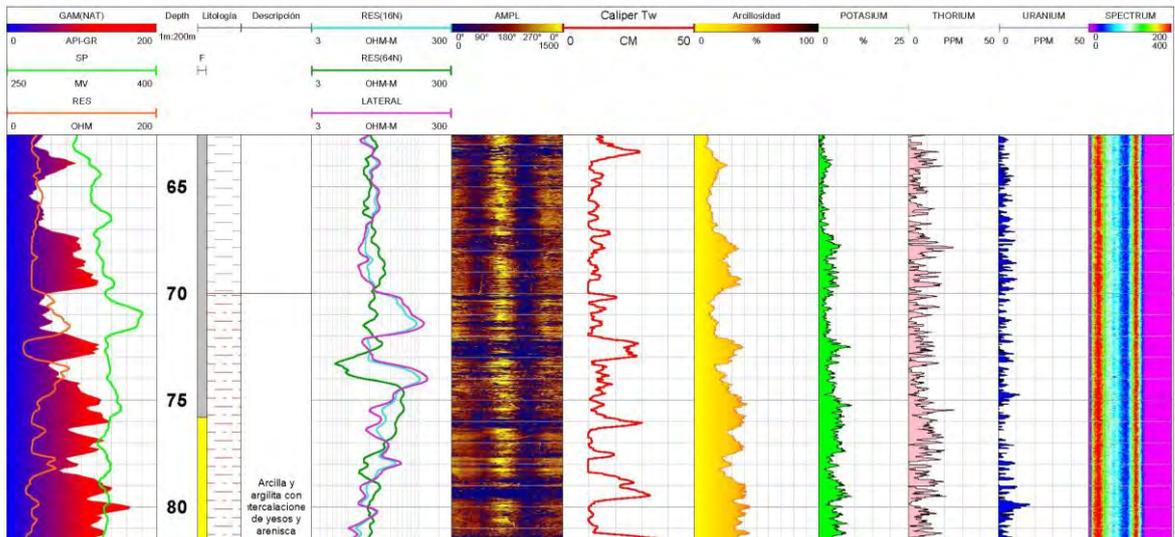


Figura 4.- Ejemplo de log o diagráfía.



Figura 5.- Equipo de testificación geofísica de sondeos utilizado.



2.2 REGISTRO VIDEOGRÁFICO

El registro videográfico en sondeos es una técnica relativamente moderna y en continuo desarrollo, adaptando equipos de filmación a muy diversos entornos: tuberías verticales, horizontales, inclinadas, bajo condiciones de alta presión y temperatura, ambientes con condiciones hidroquímicas extremas, etc.

El uso de esta técnica, como en la mayoría de los desarrollos de la tecnología aplicada a las Ciencias de la Tierra, se aplicó inicialmente a los hidrocarburos. Una vez ejecutado el sondeo, se introducía el equipo de filmación para determinar tramos donde se observaba la existencia de gases, que correspondían con las zonas productivas de mayor interés. El desarrollo y abaratamiento de esta técnica, ha permitido su aplicación en captaciones de aguas subterráneas.

Para la inspección videográfica del sondeo se ha utilizado la unidad de control y la cámara **BT9800 AIRES**, que dispone de doble visión, tanto lateral para la inspección de las paredes del sondeo, como axial para reconocer el fondo. El módulo de visión permite una rotación de 360 grados en ambos sentidos, con tres velocidades diferentes. Desde la unidad de control en superficie, podemos tener un control absoluto de la cámara: regulación de intensidad de las lámparas de iluminación, diafragma, enfoque, etc.

Las aplicaciones principales de la inspección videográfica en sondeos consisten en determinar el estado de la captación tras su ejecución o durante su funcionamiento, caracterización de obstrucciones, zonas filtrantes, procesos de corrosión e incrustación, defectos estructurales en tuberías, etc.

Esta técnica, permite el estudio y diagnóstico del estado del sondeo, ayudando a la toma de decisiones acerca del diseño de las labores de rehabilitación, conservación y puesta en marcha de la captación, o en el caso más desfavorable, aconsejar la inutilización de la captación.

La calidad de la imagen no depende exclusivamente de la resolución del equipo, sino que también depende de otros factores inherentes a la técnica, como es la turbidez y partículas en suspensión del agua en la propia captación. Por lo tanto es aconsejable tener el sondeo al menos 24 - 48 horas en reposo tras la extracción del equipo de bombeo, para asegurar la decantación de las partículas y tener la mínima turbidez.

MÓDULO DE REGISTRO VIDEOGRÁFICO BT 9800

CÁMARA DE VÍDEO DE ALTA DEFINICIÓN PARA LA INSPECCIÓN DE SONDEOS

APLICACIONES PRINCIPALES

- Control de calidad de obras ejecutadas.
- Reconocimiento de obstrucciones en sondeos / piezómetros.
- Determinación de zonas ranuradas y procesos de colmatación.
- Caracterización de procesos de corrosión e incrustación.
- Operaciones de mantenimiento de sondeos. Diseño de limpiezas y desarrollo.
- Detección de tuberías defectuosas. Diseño de medidas correctoras.
- Diseño de operaciones especiales (pesca, pesca de útiles, reperforación, etc.).

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- ✓ Cámara articulada con visión lateral y axial.
- ✓ Iluminación independiente y variable hasta 3 intensidades.
- ✓ Capacidad de inspección en sondeos entre 4" – 24" de diámetro.
- ✓ Imagen a color de gran resolución.
- ✓ Centrador de sondeos de acero inoxidable y de diámetro variable.
- ✓ Control de velocidad y dirección de rotación de cámara.
- ✓ Enfoque manual, obturador (iris) e intensidad de luz manual.
- ✓ Grabación en formato digital.
- ✓ Velocidad de descenso y ascenso en el sondeo regulable

**ARIES**
INDUSTRIES, INC.

2.3 REGISTRO DEL DIÁMETRO

El diámetro de un sondeo, con o sin tubería de revestimiento, se puede medir mediante la sonda cáliper QL40-CAL. Este **cáliper mecánico**, consiste en tres brazos articulados, conectados a la sonda principal. La sonda desciende por el interior del sondeo y una vez situada en el fondo, se abren los brazos. Durante el ascenso, se van adaptándose la forma geométrica de las paredes del sondeo o de la tubería, obteniendo un registro continuo del diámetro.

El funcionamiento mecánico, es relativamente sencillo. Los brazos de la sonda cáliper, están unidos a un potenciómetro lineal. Dependiendo del ángulo del brazo y el potenciómetro, se convierte el voltaje de salida en una frecuencia, que es relacionada con el diámetro del sondeo.

En un sondeo sin tubería, el cáliper nos permite evaluar la forma geométrica de las paredes del sondeo, determinando las zonas de fracturas, cavidades, cohesión de las rocas, determinar volúmenes de grava y cemento para acondicionamientos de sondeos, corrección de otros ensayos debido al diámetro real del sondeo, zonas permeables e impermeables, etc. En sondeos con tubería instalada, obtendremos el diámetro interior de la tubería, detectando posibles colapsos o roturas de tubería, reducciones, etc.



Figura 6.- Sonda Cáliper QL40-CAL utilizada en el registro.

SONDA CALIPER QL40-CAL

La sonda QL40-CAL consta de tres brazos mecánicos, que una vez abiertos durante el ascenso de la sonda en el interior del sondeo, se van adaptando y registrando las paredes de la perforación o de la tubería, obteniendo un perfil continuo de las variaciones del diámetro.

APLICACIONES PRINCIPALES

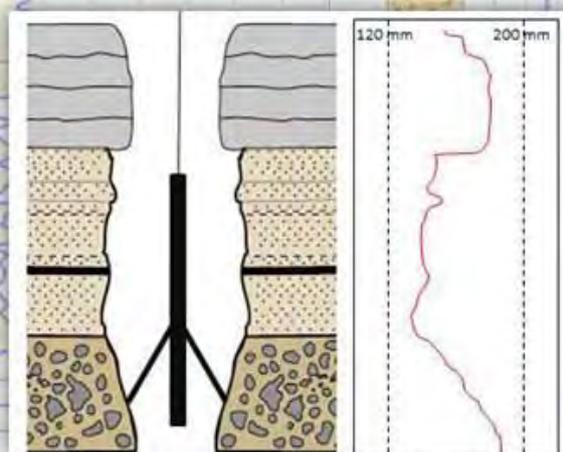
- Determinación de diámetro internos de sondeos y tuberías.
- Evaluación de colapsos y roturas de tubería.
- Cálculo de volúmenes de rellenos anulares (grava o cemento).
- Determinación de fracturas y cavidades (porosidad secundaria).
- Evaluación del tipo de roca según su competencia.
- Correcciones de otros registros geofísicos.
- Determinación zonas preferentes para la realización de ensayos con obturadores.

CARACTERÍSTICAS DE MEDICIONES

Rango de medidas: 50 - 736 mm.
Precisión: 1 mm.
Resolución: 0,5 mm.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS

Sensor: Potenciómetro lineal.
Diámetro: 42,3 mm.
Longitud: 1,785 m.
Peso: 10 kg
Temperatura máxima: 70 °C.
Presión máxima: 200 bar (2.000 metros sumergido).



MOTOR DE APERTURA Y CIERRE DE LOS BRAZOS. POTENCIÓMETRO LINEAL.

BRAZOS



2.4 CONDUCTIVIDAD Y TEMPERATURA

La **conductividad** es un parámetro físico – químico que mide la facilidad con la que una corriente eléctrica se transmite en un fluido, que es proporcional al contenido en sales disueltas. El agua salada, al tener muchas sales disueltas, la corriente eléctrica se transmite con facilidad y por tanto una conductividad alta. Por el contrario, el agua de lluvia, no tiene sales disueltas, la corriente eléctrica se transmite con dificultad y por tanto la conductividad es prácticamente inexistente.

La conductividad se mide en micro siemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Su valor, es muy útil para diferenciar tipos de aguas, caracterizar procesos de contaminación, procesos de intrusión marina, etc.

TIPO DE AGUA	CONDCTIVIDAD ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Agua del mar	45.000 – 60.000
Aguas muy salobres	15.000 – 45.000
Aguas salobres	2.000 – 15.000
Agua potable	<1.500 - 2.000

Tabla 2.- Tipos de agua, según el valor de conductividad.

La **temperatura** es un parámetro físico que mide el calor o energía térmica de una partícula u objeto. La temperatura del subsuelo aumenta con la profundidad (gradiente geotérmico) con una media de 3°C cada 100 metros (1°C cada 33 metros). En zonas con anomalías geotérmicas, flujos ascendentes o descendientes de aguas calientes o frías, rocas con diferente conductividad térmica, etc, se ponen de manifiesto mediante anomalías de este gradiente.

La conductividad y temperatura, son dos parámetros que se miden de forma simultánea. Su registro tiene un bajo coste y puede aportar información geológica / hidrogeológica muy importante. El funcionamiento es bastante sencillo, una sonda dispone de un sensor multiparamétrico, que va atravesando el fluido del sondeo, durante el descenso a baja velocidad, para minimizar romper la columna de agua estable. Ambos parámetros, solo podrán medirse en la zona saturada de la captación.

SONDA CONDUCTIVIDAD / TEMPERATURA QL40-FTC

La sonda QL40-FTC realiza perfiles continuos de temperatura y conductividad del fluido, durante el descenso por el interior del sondeo.

APLICACIONES PRINCIPALES

- Caracterización de calidad de agua (conductividad – salinidad).
- Estudios de intrusión marina.
- Detectar anomalías químicas y térmicas por entrada / salidas de agua en el sondeo.
- Normalización de determinados parámetros que varían con la temperatura (conductividad, densidad lodo, etc.).
- Caracterización de concentración de iones.
- Cementaciones en sondeos (procesos exotérmicos).
- Determinación de gradientes geotérmicos.
- Estudios de contaminación.

CARACTERÍSTICAS DE MEDICIONES TEMPERATURA

Unidades: Grados centígrados °C
Rango de medidas: -20 – 80 °C.
Precisión: inferior a 1 °C.
Resolución: 0,004 °C.

CARACTERÍSTICAS DE MEDICIONES CONDUCTIVIDAD

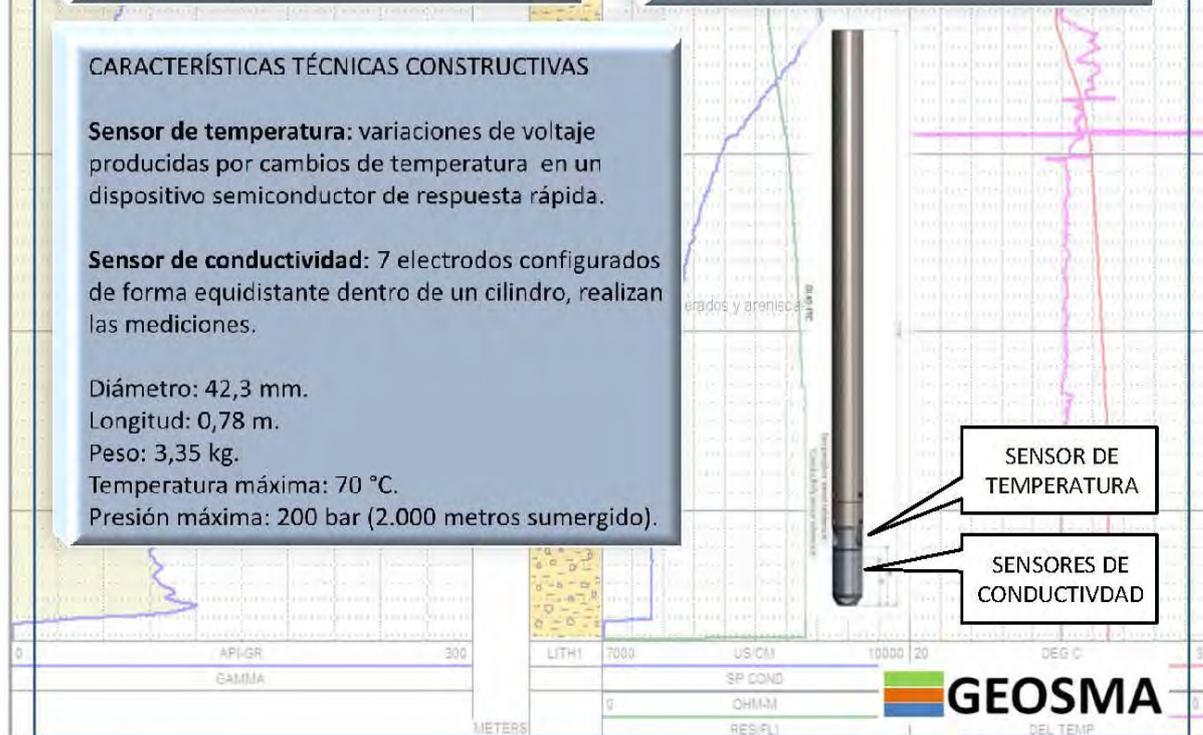
Unidades: $\mu\text{S}/\text{cm}$ - mS/cm .
Mediciones compensadas a 25 °C.
Rango de medidas: 5 - 250.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
Precisión: 1 %.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS

Sensor de temperatura: variaciones de voltaje producidas por cambios de temperatura en un dispositivo semiconductor de respuesta rápida.

Sensor de conductividad: 7 electrodos configurados de forma equidistante dentro de un cilindro, realizan las mediciones.

Diámetro: 42,3 mm.
Longitud: 0,78 m.
Peso: 3,35 kg.
Temperatura máxima: 70 °C.
Presión máxima: 200 bar (2.000 metros sumergido).



2.5 GAMMA NATURAL

Los elementos Potasio (K), Uranio (U) y Thorio (Th), se desintegran formando isotopos más estables, emitiendo partículas alfa, beta y gamma. Estas últimas, son muy energéticas llegando incluso a atravesar la materia (por ejemplo una tubería metálica).

Los elementos K, U y Th, de forma natural se concentran en determinadas rocas, por lo que en función del contenido de rayos gamma emitido, podemos determinar el tipo de formación geológica.

En las rocas sedimentarias, estos elementos radiactivos, se localizan fundamentalmente en las arcillas, mientras que en las arenas limpias, no se concentran y por tanto apenas tendrán emisiones de Rayos Gamma. Los niveles de calizas y dolomías tampoco son radiactivos, mientras que las rocas ígneas, sobre todo el granito y las riolitas, tienen importantes concentraciones de isótopos de K y por tanto altas emisiones de rayos gamma.

La sonda dispone en su interior de un cristal de centelleo, que recibe los impactos de los rayos gamma generados en la formación, que se registran en un contador. Las unidades empleadas son cuentas o impactos radiactivos detectados por unidad de tiempo: centello por segundo (c.p.s.). Puesto que no todos los cristales de centelleo son iguales, se ha definido la unidad normalizada llamada American Petroleum Institute "API".

Estas partículas gamma pueden atravesar las tuberías metálicas instaladas en los sondeos, por lo que puede ser medida en captaciones revestidas, tanto en sentido ascendente y descendente, independientemente de la posición del nivel freático del sondeo.

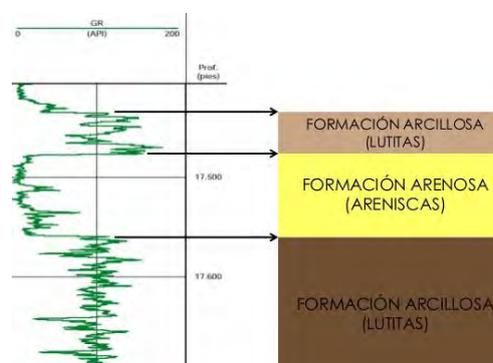


Figura 7.- Diagrama mostrando la radiación gamma de tres formaciones básicas.

SONDA GAMMA NATURAL QL40-GAM

La sonda QL40-GAM mide la radiación gamma emitida por la desintegración natural de los elementos potasio (K), uranio (U) y torio (Th), que se concentra en determinadas litologías. La medida puede realizar en sondeos entubados y no saturados.

APLICACIONES PRINCIPALES

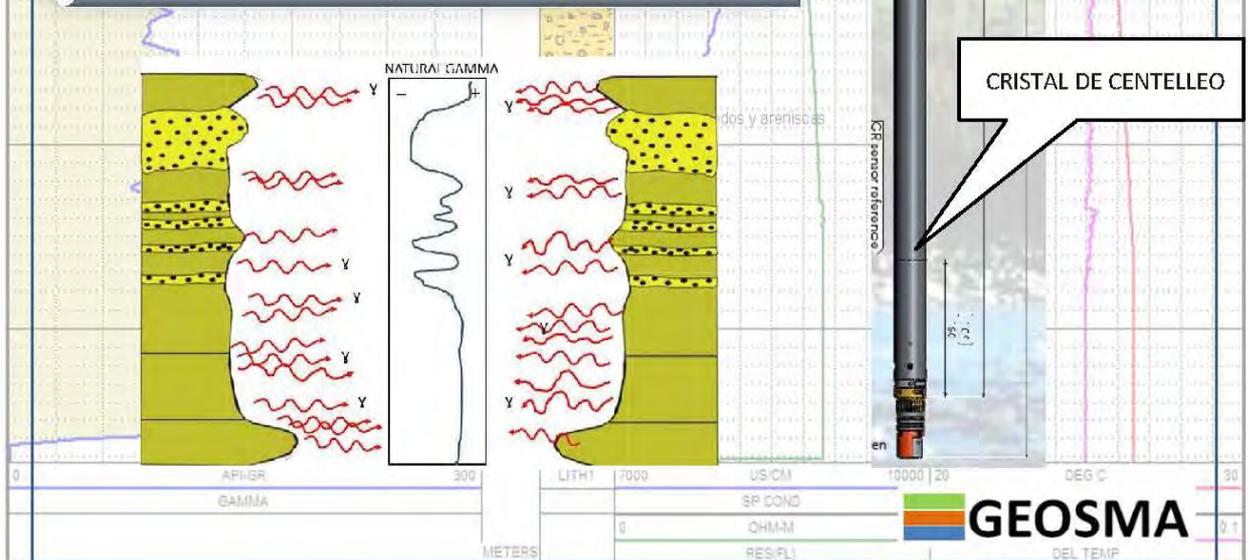
- Determinación de contenido en arcillas.
- Exploración de carbón y uranio.
- Situación de acuíferos.
- Identificación de litologías.

CARACTERÍSTICAS DE MEDICIONES

Rango de medidas: 0 – 100.000 CPS.
Unidades: Centelleos por segundo (CPS) – American petroleum institute (API).
Precisión: 1%.
Resolución: 0,1 CPS.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS

Sensor de 22 mm (diámetro) x 76 mm (largo) de Na(Th) I
Diámetro: 40 mm (1,6").
Longitud: 103 cm (40,5").
Peso: 5 kg (11 lbs).
Temperatura máxima: 70 °C.
Presión máxima: 200 bar (2.000 metros sumergido).





3 TRABAJOS REALIZADOS

3.1 INTRODUCCIÓN

El 3 marzo de 2021, se ha llevado a cabo el registro videográfico y testificación geofísica en una captación de aguas subterráneas destinada para abastecimiento, propiedad del Ayuntamiento de San Lorenzo de la Parrilla (Cuenca), aunque los trabajos son promovidos por la Excelentísima Diputación de Cuenca.

Los trabajos han consistido en la realización de registro videográfico y testificación geofísica. En la Tabla 3, se resumen los trabajos.

PROFUNDIDAD REGISTRO (m)	FECHA / HORA	OBJETIVO	ORDEN DE REGISTRO	SONDA	MOVIMIENTO
0 – 212	3 marzo 21 9:30	Estado actual de la captación y verificar diseño constructivo	1º	BT 9800	descendente
0 – 246,5	3 marzo 21 12:30	Determinar el diámetro de la tubería. Caracterizar la reducción observada en el registro videográfico.	2º	QL40-CAL	Ascendente
0 – 246,5	3 marzo 21 13:30	Se mide de forma simultánea el diámetro la conductividad / temperatura del fluido y la radiación gamma natural del terreno	3º	QL40-GRA QL40-FTC	Descendente: conductividad y temperatura y ascendente / descendente radiación gamma natural

Tabla 3.- Resumen de los trabajos realizados en el Sondeo de Abastecimiento a San Lorenzo de la Parrilla (Cuenca).

3.2 REGISTRO VIDEOGRÁFICO

Previamente al registro videográfico, se han determinado las **características constructivas “in situ”** obteniendo un diámetro de la tubería de acero al carbono de 450 mm, medida en cabeza del sondeo. La captación se encuentra ubicada en una fosa, a la que se accede mediante una arqueta. La distancia entre la superficie del terreno y el inicio de la tubería de 450 mm (usado como **inicio del registro videográfico** y testificación geofísica) es de 2,4 metros.

Según la **información previa**, el sondeo tiene una profundidad aproximada de 250 metros, revestido con tubería metálica. El sondeo presenta problemas de turbidez con arrastres y pérdida de productividad.



Figura 8.- Realización del registro videográfico y testificación geofísica en el Pozo de Abastecimiento a San Lorenzo de la Parrilla.

Durante el registro, la **visibilidad** en el interior del sondeo ha sido favorable para el reconocimiento en la zona no saturada. Por debajo del nivel freático (186,05 metros), el agua presenta baja turbidez durante un metro aproximadamente, para posteriormente aumentar un poco la turbidez, permitiendo realizar observaciones con la visión lateral y frontal. A partir de 202 metros, aumenta la turbidez, no permitiendo realizar observaciones con la visión frontal. El registro se continúa a baja velocidad de descenso y continua rotación con visión lateral.

El **nivel piezométrico** se sitúa a 186,05 metros (3 marzo 2021), no observando entradas o aportes por encima de esta cota, si bien se ha observado humedad a partir de 26 metros de profundidad.

La **inspección ha finalizado** a 212 metros de profundidad, aunque el sondeo continúa. Según la visión frontal, la tubería parece haber colapsado parcialmente, no permitiendo continuar el registro. Posteriormente se realizó un registro mediante la sonda calíper obteniendo información de interés (ver epígrafe 3.3).



DISEÑO CONSTRUCTIVO

Según las observaciones realizadas “in situ”, el registro videográfico y del diámetro (ver epígrafe 3.2), el sondeo está revestido con **tubería metálica** longitudinal de acero al carbono de 450 mm hasta 152,88 metros de profundidad. Por debajo de esta cota, según el registro calíper y registro videográfico, la tubería metálica longitudinal de diámetro es de 350 mm.

Durante la inspección, se ha puesto especial interés en determinar la ubicación de los tramos filtrantes, para determinar su estado de colmatación, no observando ningún tipo de ranura o filtro existente. En base a las observaciones realizadas, el diseño constructivo del sondeo es:

DE (m)	A (m)	ESPEJOR (m)	DESCRIPCIÓN
0	152,88	152,88	Tubería ciega metálica de 450 mm de diámetro. Tramo reconocido mediante registro videográfico y sonda calíper.
152,88	212	59,12	Tubería ciega metálica de 350 mm de diámetro. Tramo reconocido mediante registro videográfico y sonda calíper.
212	246,5	34,5	Tubería de 350 mm de diámetro con procesos de incrustación intensos y varias roturas. Tramo reconocido solo mediante sonda calíper.

Tabla 4.- Diseño constructivo del Sondeo de Abastecimiento a San Lorenzo de la Parrilla (Cuenca).

Los **tramos filtrantes**, deben de estar presentes por debajo de 212 metros, seguramente obstruidas por las incrustaciones detectadas mediante la sonda calíper.

Mediante el registro calíper (ver epígrafe 3.3), el sondeo parece **presentar defectos estructurales graves**, reconociendo hasta 3 posibles colapsos de la tubería metálica a diferentes profundidades. No se han observados indicios de corrosión (picaduras) de la tubería.

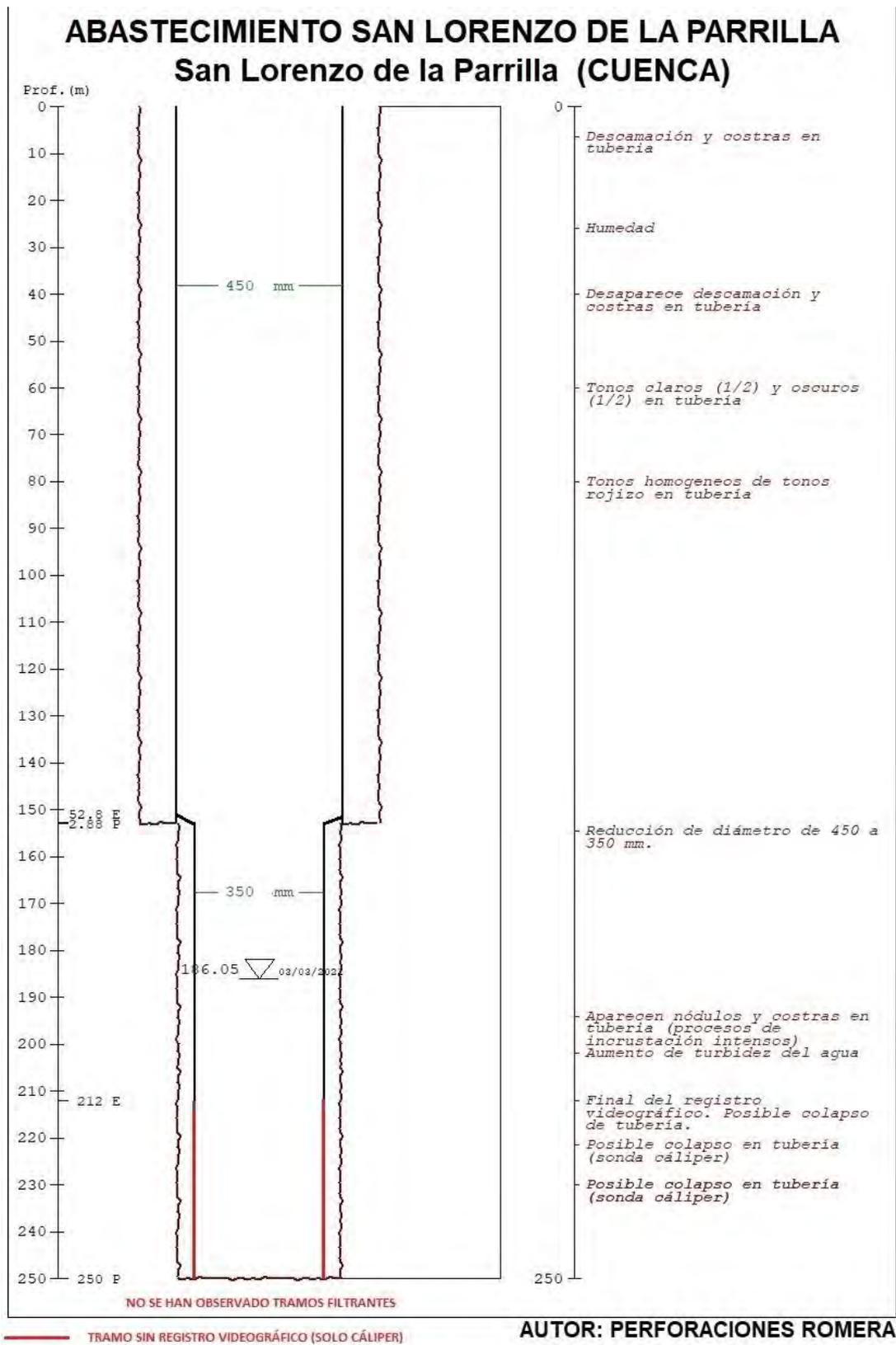


Figura 9.- Diseño constructivo del Pozo de abastecimiento a San Lorenzo de la Parrilla (Cuenca).

PROCESOS DE ENVEJECIMIENTO (CORROSIÓN / INCRUSTACIÓN)

Se denomina de forma general **procesos de envejecimiento**, al conjunto de procesos físico – químico y biológico que tienen lugar, produciendo una disminución efectiva de su funcionamiento, llegando incluso a la inutilización de la captación. Estos procesos pueden reconocerse a partir de síntomas que se suelen poner de manifiesto de forma paulatina. Como cualquier obra civil, un sondeo necesita de mantenimiento preventivo y correctivo, que debe de diseñarse en base a observaciones directas e indirectas. Las principales causas de envejecimiento son: hidrogeológicas, deficiente diseño de ejecución, régimen inadecuado de bombeo, y los procesos de corrosión e incrustación.



Figura 10.- Causas de envejecimiento en captaciones de agua.

Durante la videoinspección se ha observado en detalle el aspecto, textura y color de la tubería, para poder determinar tramos con diferentes características:

DE (m)	A (m)	ESPESOR (m)	DESCRIPCIÓN
0	6,3	6,3	Procesos de descamación y costras poco desarrollados
6,3	40	33,7	Procesos de descamación y costras más intensos
40	60	20	Se reducen los procesos de descamación y costras (prácticamente no se observan).
60	80	20	La mitad de la tubería presente tonos claros y la otra mitad de tonos oscuros.
80	194	114	La tubería torna tonos mas uniformes y rojizos



DE (m)	A (m)	ESPESOR (m)	DESCRIPCIÓN
194	212	18	Por debajo del nivel freático ya se observan algunos precipitados, pero es sobre 194 metros cuando aumenta el número de nódulos y concreciones.
212			Tubería colapsada parcialmente. No puede pasar el módulo de inspección. Fin de inspección videográfica.

Tabla 5.- Tramos con diferentes aspecto observados durante el registro.

Entre 60 y 80 metros, se observa la mitad de la tubería de un tono claro y la otra mitad de otro tono oscuro. Normalmente esto se interpreta como una posible entrada de agua (bien a través de la tubería de explotación o de impulsión). El agua desciende por un solo lado de la tubería, produciendo los cambios de tonalidad a un lado y otro. A partir de 80 metros, los tonos son mas uniformes y de color rojizo.

En estos tramos diferenciados, deben haber actuados diferentes procesos físico – químicos y biológicos diferentes, que producen su aspecto actual y que genéricamente nos referimos a ellos como procesos de envejecimiento de la tubería. El estudio en detalle de estos, queda fuera del objeto del presente estudio.

RESUMEN DE LAS IMÁGENES OBTENIDAS

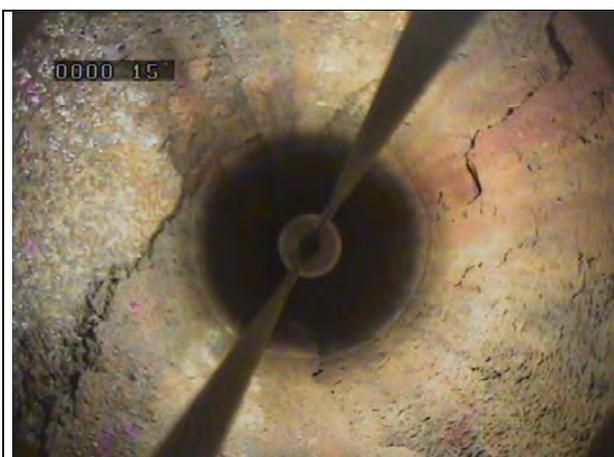
En las siguientes figuras, se resumen las principales observaciones descritas en los apartados anteriores, mostrando visiones laterales y axiales realizadas durante el registro. En el margen superior izquierdo, se indica la profundidad donde se ha realizado la observación. En el anexo 2 se adjunta un DVD con el registro videográfico completo realizado, junto con el resto de información en formato digital.



Superficie del terreno (-2.4 m).



Inicio de registro dentro de fosa. Visión lateral (0,0 m).



Visión frontal (0,15 m).



Procesos de descamación (13,13 m).



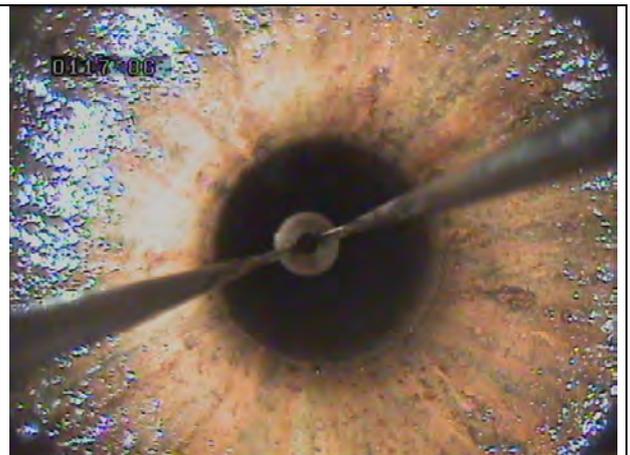
Procesos de descamación y costras (14,79 m).



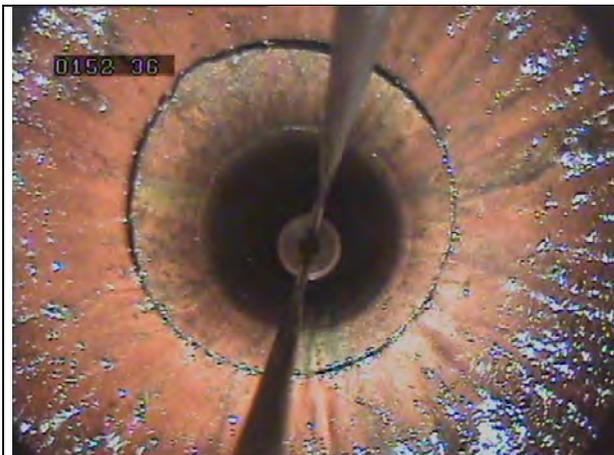
Desaparecen los procesos de descamación y costras (42,42 m).



Tonos claros y oscuros en la mitad de la tubería metálica (76,60 m).



Homogenización de tonos de tubería (117,86 m).



Reducción de diámetro (152,36 m).



Nivel de agua (185,32 m).



Detalle nivel freático (186,05 m).



Agua clara (186,33 m).



Ligero aumento de turbidez (190,39 m).



Detalle de pared del sondeo (201,83 m).



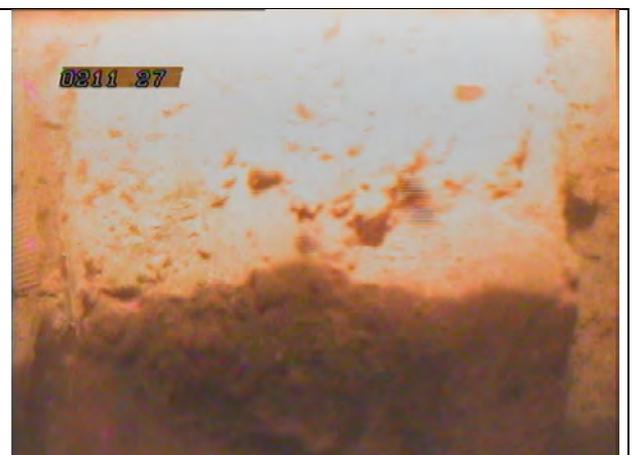
Aumento de la turbidez del agua. Detalle de nódulo en pared de sondeo (205,76 m).



Aumento de turbidez y pérdida de visión frontal desde 202 metros (208,78 m).



Detalle de nódulo en pared de sondeo (209,03 m).



Detalle de nódulo en pared de sondeo (211,27 m).



Aumento de turbidez del agua (211,5 m).



Posible colapso del sondeo. Final del registro a 212 metros (212,11 m).

3.3 DIÁMETRO

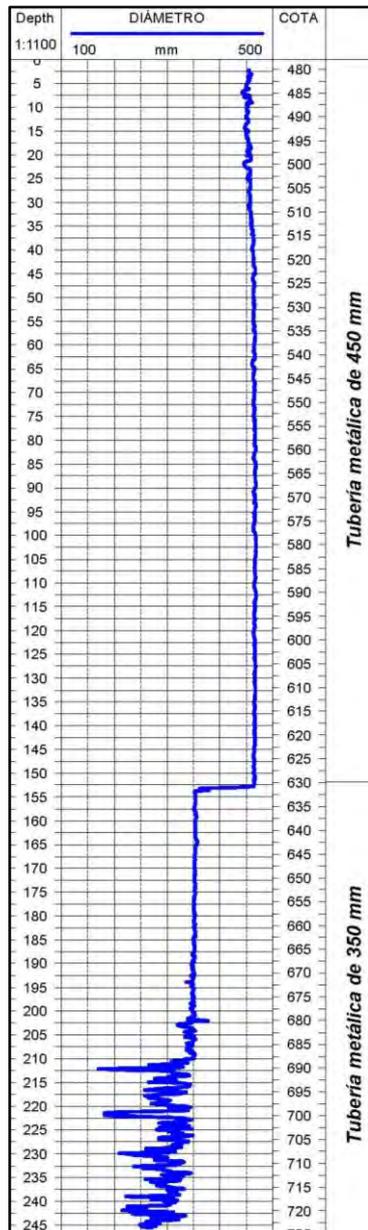


Figura 11.- Registro del diámetro interior de la tubería, en el Pozo de Abastecimiento a San Lorenzo de la Parrilla (Cuenca).

El 3 de marzo de 2021, se ha llevado a cabo un registro del diámetro interior de la captación, mediante la sonda QL40-CAL.

Según el registro realizado, se distinguen los siguientes tramos:

- Tramo 1: Desde el inicio del sondeo hasta 152,8 metros, se registra un diámetro medio de 455 mm, que corresponde con la tubería de 450 mm medida en boca del sondeo. Según la video inspección, todo este tramo es ciego.
- Tramo 2: Desde 152,8 hasta el final del registro, el diámetro varía entre 175 mm (212 metros de profundidad) y 350 mm, correspondiendo con la tubería de 350 mm. En este tramo se distinguen dos zonas:
 - Desde 152,8 hasta 210,5 metros de profundidad, donde el diámetro medio es 350 mm. En este tramo no se observan tramos ranurados ni defectos estructurales.
 - Desde 210,5 metros hasta final del registro (246,5 metros). En este subtramo, aunque la tubería es de 350 mm de diámetro, se observa gran variabilidad del valor obtenido, debido a los procesos de incrustación y hasta 2 – 3 posibles colapsos de la tubería a las cotas:
 - A 212,10 metros, de un espaciado inferior a 0,4 metros con diámetro medio registrado de 175 mm.
 - A 221,5 metros, con un diámetro medio de 221 mm, observado desde 221 hasta 222,2 metros aproximadamente.
 - A 230 metros, con diámetro medio de 200 mm y 0,7 metros de espesor.
 - Existen otras zonas de posible colapso (desde 237 hasta 243 metros) pero también pueden corresponder con procesos de incrustación.

3.4 CONDUCTIVIDAD Y TEMPERATURA

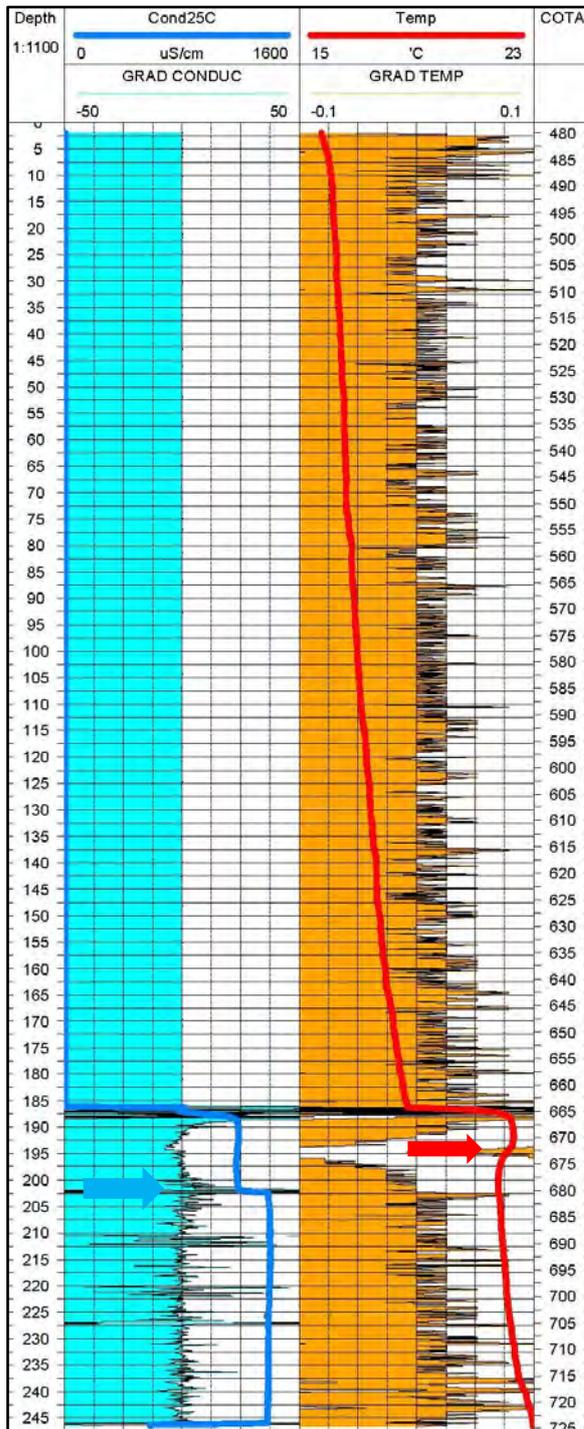


Figura 12.- Registro de conductividad y temperatura del agua en el Pozo de Abastecimiento a San Lorenzo de la Parrilla (Cuenca).

El 3 de marzo de 2021, se ha llevado a cabo un registro de la conductividad y temperatura del fluido del interior del Pozo de Abastecimiento a San Lorenzo de la Parrilla (Cuenca) mediante la sonda QL40-FTC.

El nivel freático, se sitúa a 186,2 metros de profundidad. El equipo de impulsión ha sido extraído el día anterior, por lo que se presupone que el agua del sondeo está en “equilibrio” con la formación.

El perfil de **conductividad** del agua (normalizada a 25°C) varían entre 800 y 1.400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a 186,5 y 204 metros de profundidad respectivamente, por lo que la amplitud de los valores es de 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Se observan los siguientes tramos:

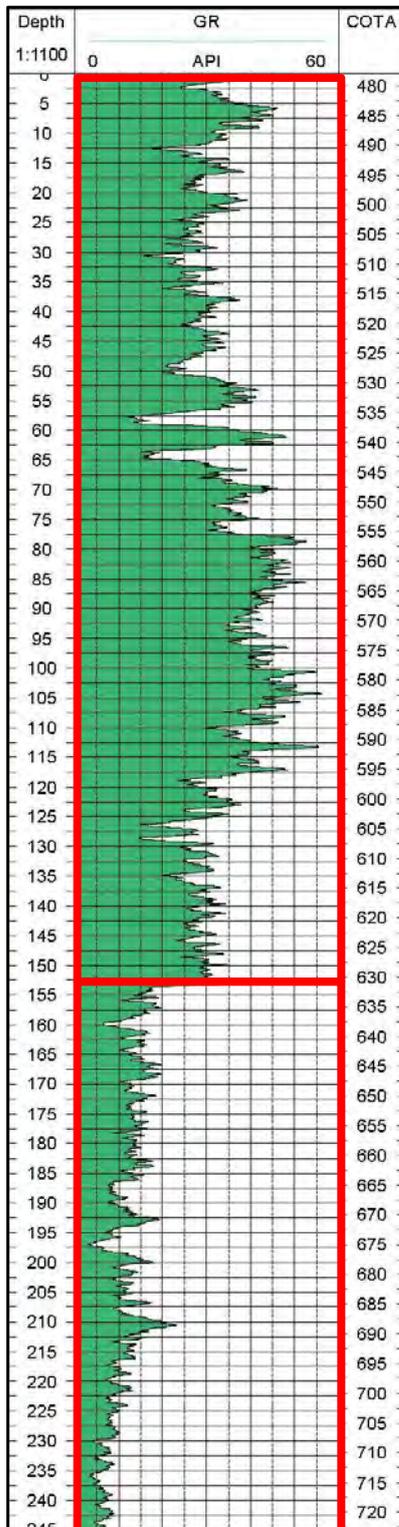
- Tramo 1: Desde 186,2 (nivel freático) hasta 202 metros, con valores muy uniformes, del orden de 1.175 – 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En la parte superior (coincidiendo con la zona de menor turbidez en el registro videográfico, se observa una pequeña zona con valores inferiores a 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$) aproximadamente de un metro de espesor.
- Desde 200 metros hasta final del registro (246,5 metros de profundidad), los valores son muy homogéneos variando entre 1400 – 1380 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Al final del registro se observa una bajada de la conductividad, relacionada con el final del sondeo y el relleno del fondo.

Respecto a los valores de temperatura, varían entre 21,7 y 22,9 °C a 201,8 y 246,5 metros de profundidad respectivamente, estableciendo el gradiente geotérmico medio de 0,029 °C/m.

Destacar la presencia de agua de mayor temperatura en la parte superior de la columna de agua y menor conductividad, cuya explicación debe ser integrada en el contexto geológico local (ver conclusiones).

3.5 GAMMA NATURAL



El 3 de marzo de 2021, se ha llevado a cabo un registro de la radiación gamma natural en las formaciones atravesadas en el Pozo de Abastecimiento a San Lorenzo de la Parrilla (Cuenca), mediante la sonda QL40-GRA.

Los valores de gamma natural, varían entre 3 – 5 API, a 196 metros de profundidad y 60 API a varias profundidades, siendo la variación de prácticamente 60 API.

En función de los datos obtenidos, podemos distinguir dos tramos:

- Tramo 1. Desde el inicio del registro hasta 153,6 metros de profundidad, donde se observan valores heterogéneos (indicando la heterogeneidad de la formación) de radiación gamma natural, entre 10 y 60 API, siendo el valor medio de 30 API.
- Tramo 2.- Entre 153,6 y final del registro, se observan valores muy bajos de radiación gamma natural, con valores medios de 10 API.

De forma general, y considerando la litología regional, los valores más altos de radiación gamma natural, se relaciona con formaciones con un contenido en arcillas elevado, mientras que los valores bajos (por debajo de 153,6 metros), se relaciona con bajo contenido en arcillas.

Curiosamente la reducción del diámetro del sondeo, se ha realizado a 152,8 metros, seguramente con el objeto de estabilizar la formación superior, anular la entrada de agua de la formación superior por mala calidad, u otra causa relacionada con la formación superior.

Figura 13.- Registro de radiación gamma natural en el Pozo de Abastecimiento a San Lorenzo de la Parrilla (Cuenca).



4 RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El 3 de marzo de 2021, se ha llevado a cabo una inspección videográfica y testificación geofísica del sondeo de abastecimiento al municipio de San Lorenzo de la Parrilla (Cuenca). Dicha captación se ubica dentro del término municipal y es propiedad del ayuntamiento de San Lorenzo. Los trabajos son promovidos por la **EXCELENTÍSIMA DIPUTACIÓN DE CUENCA** y ejecutados por **PERFORACIONES ROMERA**.

El sondeo ha perdido capacidad productiva y aumentado la turbidez en los últimos años. El agua captada, tiene gran contenido en sulfatos. El objetivo de los trabajos es determinar el estado actual, con especial interés en los tramos filtrantes, estado y diámetro de tubería, etc. Como objetivo secundario, se intentará determinar el origen del alto contenido en sulfatos.

Para cubrir los **objetivos**, se ha realizado una inspección videográfica y testificación geofísica mediante las sondas: conductividad y temperatura del fluido, radiación gamma natural y diámetro del sondeo (ver Tabla 3).

De forma previa a la realización del registro, se ha medido “in situ” el diámetro de la tubería en cabeza de sondeo, obteniendo 450 mm. La captación está situada en fosa, a 2,40 metros por debajo de la superficie del terreno, donde se han referido todas las observaciones (registro videográfico y testificación geofísica del sondeo).

La **visibilidad** para la zona no saturada ha sido buena. En el caso de la zona saturada (nivel freático situado a 186,05 metros), el agua ha presentado baja turbidez durante un metro aproximadamente (coincidiendo con la zona de menor conductividad). Por debajo de 187 metros, aumenta ligeramente la turbidez (igual que la conductividad), aunque permite realizar observaciones con visión lateral y frontal. A partir de 202 metros, se produce un aumento de la turbidez (y de la conductividad), no permitiendo realizar observaciones con la cámara frontal. El registro se continúa con la visión lateral, descendiendo lentamente y en rotación continua.

El sondeo presenta un diseño constructivo (ver Tabla 4 y Figura 9) en forma telescópica. Desde el inicio del sondeo hasta 152,8 metros, existe una tubería metálica de 450 mm de diámetro. Mediante un cono de reducción, a partir de 152,8 metros, pasamos a una tubería de 350 mm de diámetro. A partir de 212 metros, la tubería presenta daños estructurales



debido a un colapso parcial. Por debajo de 194 metros, presente procesos de incrustación importantes y se observan hasta 3 zonas de rotura de la tubería: 212,1 , 221,5, 230 y otras zonas que también podrían corresponder con procesos de incrustación importantes (237 – 243).

El registro videográfico finaliza a 212 metros, al no poder pasar el módulo por debajo del colapso parcial de la tubería a dicha cota. El resto de las sondas utilizadas (gamma natural, conductividad y temperatura y cáliper) han llegado hasta 246,5 metros de profundidad.

La **conductividad** del fluido oscila entre 800 y 1.400 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Las variaciones de los valores de conductividad están totalmente relacionadas con la turbidez del agua. Por debajo del nivel freático, se observa una zona de valores mínimos con 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de un metro de espesor coincidiendo con la zona de menor turbidez. Sobre 187 metros, aumenta la turbidez y conductividad del agua a 1.200 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A 202 metros de profundidad, vuelve a aumentar la conductividad a 1.400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y la turbidez del agua.

En el caso de la **temperatura**, varía entre 21,7 y 22,9 $^{\circ}\text{C}$, estableciendo un gradiente geotérmico de 0,029 $^{\circ}\text{C}/\text{m}$. Justo por debajo del nivel freático, se observa un aumento de la temperatura del agua, que se relaciona con la entrada de aguas de mayor profundidad. En este caso, su conductividad es menor (según la teoría, al ser aguas de mayor circulación debería tener una mayor conductividad), cuya justificación debe de relacionarse con la geología local – regional.

Como posibles actuaciones sobre la captación, se recomienda:

- Recuperación del diámetro original en el tramo inferior de la tubería de 350 mm, donde se han observado colapsos parciales, mediante un limón, cono o herramienta similar, con objeto de restituir el diámetro original, que permita la colocación de una nueva tubería auxiliar.
- Limpieza mediante airlift, con objeto de extraer los metros rellenos en el fondo y la limpieza de las paredes de sondeo (procesos de incrustación).
- Por último y con objeto de estabilizar la tubería de 350 mm, se recomienda realizar una entubación auxiliar de 300 mm de diámetro. Dicha tubería no es necesario llevar hasta la superficie, pudiendo quedar instalada al menos desde 200 metros de



profundidad, ya que es a partir de esta profundidad donde los procesos de incrustación y corrosión, parecen ser más evidentes.

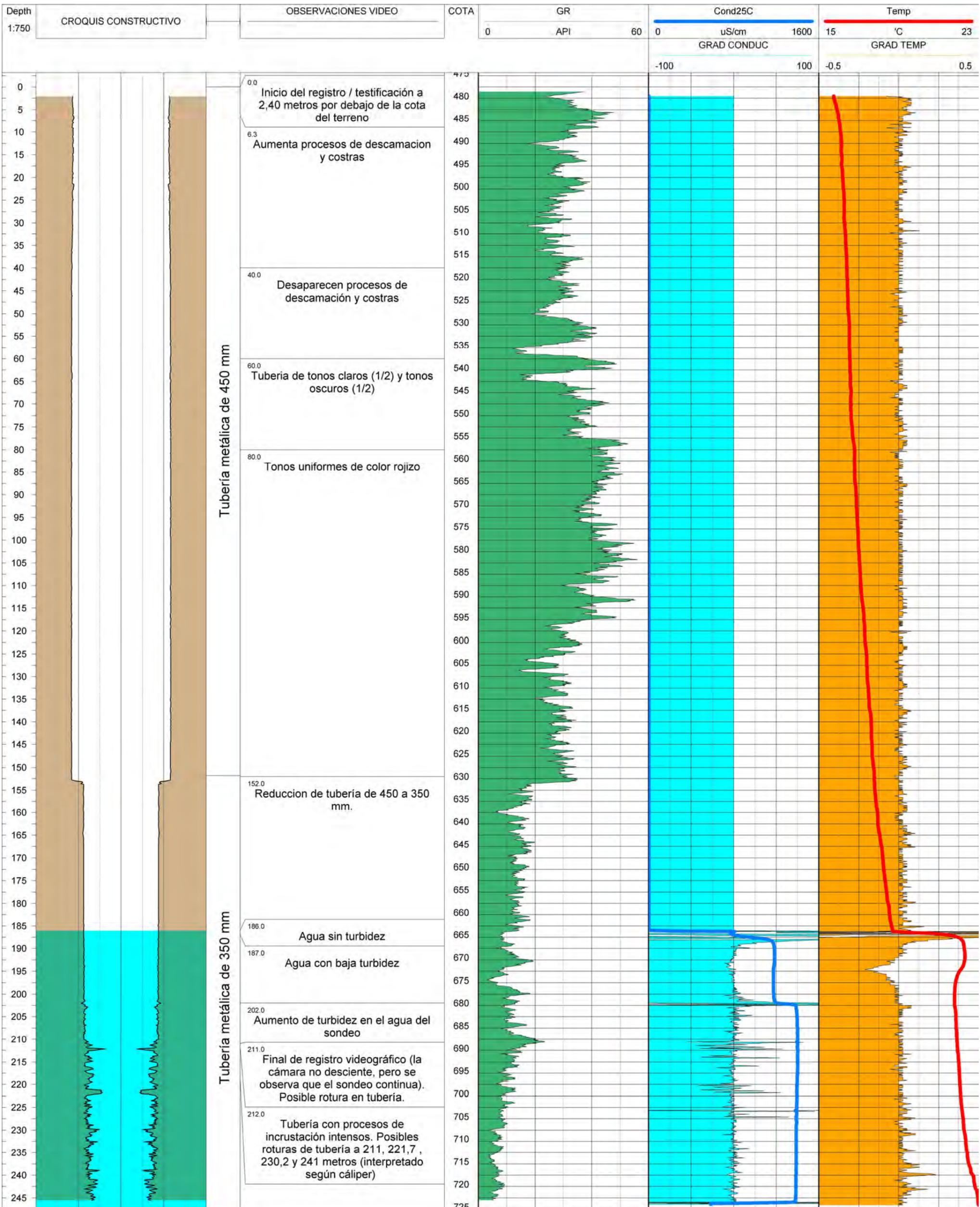
- Por último, a la finalización de trabajos propuestos, se recomienda realizar un ensayo de bombeo para determinar el caudal máximo, óptimo, específico, pérdidas de carga, etc. Se recomienda llevar con control continuo de la evolución de la calidad del agua (al menos de la conductividad del agua durante el aforo) para poder determinar su posible origen.

Fidel Espigares Hurtado
Licenciado en Geología
Colegiado nº 7202

Sevilla, a 12 de marzo de 2021



ANEXO 1.- DIAGRAFÍA.





ANEXO 2.- REGISTRO VIDEOGRÁFICO.

ANEXO 2

PIEZÓMETROS MITECO

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nº Sondeo	6219
Hoja E.1:50000 (IGN)	634
Naturaleza Sondeo	PIEZOMETROS. SONDEO HIDROGEOL.
Medida	ESTIMADA MAPA E:<1:50.000
Año Construcción	69

2. DATOS GEOGRÁFICOS

Provincia	Cuenca
Municipio	San Lorenzo de la Parrilla
Demarcación Hidrográfica	JUCAR
Coordenada X (UTM)	553.775
Coordenada Y (UTM)	4.413.550
Huso	30
Cota (msnm)	990

3. DATOS TÉCNICOS DEL SONDEO

Método de perforación	ROTACION
Profundidad del sondeo (m)	177,10
Nivel del agua (m)	137,00
Fecha nivel	19/09/1969
Análisis agua	N
Pruebas permeabilidad	S

Litología

De (m)	Hasta (m)	Edad	Material
0,00	2,40	CRETACICO SUPERIOR	CALIZAS Y MARGAS
2,40	4,20	CRETACICO SUPERIOR	MARGAS
4,20	23,00	CRETACICO SUPERIOR	CALIZAS
23,00	56,50	CRETACICO SUPERIOR	CALIZAS Y MARGAS
56,50	59,10	CRETACICO SUPERIOR	CALIZAS Y MARGAS
59,10	60,00	CRETACICO SUPERIOR	CALIZAS Y MARGAS
60,00	64,00	CRETACICO SUPERIOR	CALIZAS Y MARGAS
64,00	64,70	CRETACICO SUPERIOR	MARGAS
64,70	73,40	CRETACICO SUPERIOR	CALIZAS Y MARGAS
73,40	91,00	CRETACICO SUPERIOR	CALIZAS
91,00	99,00	CRETACICO SUPERIOR	CALIZAS Y MARGAS
99,00	101,00	CRETACICO SUPERIOR	CALIZAS
101,00	102,00	CRETACICO SUPERIOR	MARGAS
102,00	126,00	CRETACICO SUPERIOR	CALIZAS Y MARGAS
126,00	174,20	CRETACICO SUPERIOR	CALIZAS Y MARGAS
174,20	177,10	CRETACICO INFERIOR	ARENISCAS

Tramos Filtrantes

De (m)	Hasta (m)

Entubaciones

De (m)	Hasta (m)	Diámetro (mm)	Tipo
0,10	34,50	110	SE DESCONOCE
0,20	61,10	92	SE DESCONOCE
0,30	141,30	75	SE DESCONOCE
141,30	177,10	60	NO ENTUBADO

Cementación

De (m)	Hasta (m)

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nº Sondeo	6218
Hoja E.1:50000 (IGN)	634
Naturaleza Sondeo	PIEZOMETROS. SONDEO HIDROGEOL.
Medida	ESTIMADA MAPA E:<1:50.000
Año Construcción	69

2. DATOS GEOGRÁFICOS

Provincia	Cuenca
Municipio	San Lorenzo de la Parrilla
Demarcación Hidrográfica	JUCAR
Coordenada X (UTM)	554.500
Coordenada Y (UTM)	4.413.200
Huso	30
Cota (msnm)	1.010

3. DATOS TÉCNICOS DEL SONDEO

Método de perforación	ROTACION
Profundidad del sondeo (m)	102,10
Nivel del agua (m)	49,10
Fecha nivel	25/06/1969
Análisis agua	N
Pruebas permeabilidad	S

Litología

De (m)	Hasta (m)	Edad	Material
0,00	4,50	CRETACICO SUPERIOR	CALIZAS
4,50	5,00	CRETACICO SUPERIOR	MARGAS Y ARCILLAS
5,00	6,00	CRETACICO SUPERIOR	CALIZAS
6,00	47,50	CRETACICO SUPERIOR	CALIZAS Y MARGAS
47,50	68,00	CRETACICO SUPERIOR	CALIZAS
68,00	76,20	CRETACICO SUPERIOR	CALIZAS Y MARGAS
76,20	78,00	CRETACICO SUPERIOR	CALIZAS Y MARGAS
78,00	86,50	CRETACICO SUPERIOR	MARGAS
86,50	96,70	CRETACICO SUPERIOR	CALIZAS Y MARGAS
96,70	99,00	CRETACICO SUPERIOR	CALIZAS Y MARGAS
99,00	102,10	CRETACICO SUPERIOR	SIN TESTIGO

Tramos Filtrantes

De (m)	Hasta (m)

Entubaciones

De (m)	Hasta (m)	Diámetro (mm)	Tipo
0,10	49,10	110	SE DESCONOCE
49,10	53,70	110	NO ENTUBADO
53,70	102,10	92	NO ENTUBADO

Cementación

De (m)	Hasta (m)

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nº Sondeo	6217
Hoja E.1:50000 (IGN)	634
Naturaleza Sondeo	PIEZOMETROS. SONDEO HIDROGEOL.
Medida	ESTIMADA MAPA E:<1:50.000
Año Construcción	70

2. DATOS GEOGRÁFICOS

Provincia	Cuenca
Municipio	San Lorenzo de la Parrilla
Demarcación Hidrográfica	JUCAR
Coordenada X (UTM)	554.350
Coordenada Y (UTM)	4.412.900
Huso	30
Cota (msnm)	980

3. DATOS TÉCNICOS DEL SONDEO

Método de perforación	ROTACION
Profundidad del sondeo (m)	269,00
Nivel del agua (m)	147,50
Fecha nivel	29/09/1970
Análisis agua	S
Pruebas permeabilidad	S

Litología

De (m)	Hasta (m)	Edad	Material
0,00	17,50	PALEOGENO	ARENISCAS Y ARCILLAS
17,50	76,00	PALEOGENO	ARENISCAS Y ARCILLAS
76,00	77,00	PALEOGENO	CALIZAS
77,00	91,00	PALEOGENO	ARCILLAS
91,00	95,60	PALEOGENO	ARENISCAS Y ARCILLAS
95,60	104,70	PALEOGENO	ARCILLAS
104,70	108,30	PALEOGENO	ARENISCAS
108,30	117,40	PALEOGENO	ARENAS
117,40	120,40	PALEOGENO	ARCILLAS
120,40	244,00	CRETACICO SUPERIOR	CALIZAS
244,00	269,00	JURAS. INDIFERENCIADO	CALIZAS

Tramos Filtrantes

De (m)	Hasta (m)

Entubaciones

De (m)	Hasta (m)	Diámetro (mm)	Tipo
0,10	8,80	130	SE DESCONOCE
0,20	76,00	110	SE DESCONOCE
0,30	104,70	75	SE DESCONOCE
0,40	144,00	60	SE DESCONOCE
144,00	159,00	60	NO ENTUBADO
159,00	269,00	48	NO ENTUBADO

Cementación

De (m)	Hasta (m)
0,10	8,80

ANEXO 3

ANÁLISIS QUÍMICOS



“El contenido del presente informe no está cubierto por la acreditación de ENAC ni por sus acuerdos internacionales de reconocimiento.”

Informe N°	21/0045
Referencia de Laboratorio	7766-1
Referencia de envío (Ident. de la muestra)	CUENCA-1
Fecha de entrega a Laboratorio	12/03/2021
Proyecto N°	353005400

De Laboratorio Aguas a Dirección de Aguas Subterráneas

INFORME DE DETERMINACIONES REALIZADAS

Nombre Muestra	N° Registro	F. de toma	Minutos	Profundidad	F. Terminación	Num. Muestra
M-1 S. PEÑA DEL MUERTO		09/03/2021			07/04/2021	1

Físico-Químicos (*):	Mayoritarios (mg/L):								
Oxidab. al MnO4K (mg/L)	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO ₄	HCO ₃		
0,5	6	1	236	59	8	592	242		
Conductividad 20° (µS/cm)	CO ₃	NO ₃	NO ₂	NH ₄	PO ₄	SiO ₂			
1500	0	43	0,00	0,00	0,00	11,2			
pH (Unid. pH)	Metales (µg/L):								
6,9	Ag	Al	As	Boro	Ba	Be	Cd	Co	Cr
R. S. 180° (mg/L)	< 1	0,4	< 100				< 0,2		< 0,05
1073,8	Cu	Fe	Hg	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb
R. S. 260° (mg/L)	< 0,2	< 15	< 0,5		0,66		< 0,5	< 0,05	
	Se	Sr	Ta	Th	Tl	U	V	Zn	
	0,77							1,51	

La Jefe de Laboratorio: 	RECIBIDO D.A.S. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	V° B°
--	---	--------------------

(*). Las determinaciones serán expresadas en mg/l, excepto Conductividad (µS/cm) y pH (unidades de pH). Valor = 0,00 es inferior a su límite de determinación.

OBSERVACIONES:



“El contenido del presente informe no está cubierto por la acreditación de ENAC ni por sus acuerdos internacionales de reconocimiento.”

Informe N°	21/0045
Referencia de Laboratorio	7766-1
Referencia de envío (Ident. de la muestra)	CUENCA-1
Fecha de entrega a Laboratorio	12/03/2021
Proyecto N°	353005400

De Laboratorio Aguas a Dirección de Aguas Subterráneas

INFORME DE DETERMINACIONES REALIZADAS

Nombre Muestra	N° Registro	F. de toma	Minutos	Profundidad	F. Terminación	Num. Muestra
M-1 S. PEÑA DEL MUERTO		09/03/2021			07/04/2021	1

Específicos (*):

Fluoruro (mg/L)	CN (mg/L)	Sulfuros (mg/L)	Fenoles (mg/L)	Detergentes (mg/L)	CO2 (mg/L)
<0,5	<0,01				
Materias en suspensión (mg/L)	Dureza (mg/L)	COT (mg/L)	CT (mg/L)	IC (mg/L)	Bromato (mg/L)
3,3					
Bromuro (mg/L)	N org (mg/L)	Cloruro cromatogr. iónica (mg/L)	Cl/Br	Color (UC)	Turbidez (UNF)
					<1

Nitrógeno Total

Isótopos (Bq/L):

Radalfa	Erradalfa	Radbeta	Erradbeta	Titrio
---------	-----------	---------	-----------	--------

La Jefe de Laboratorio:	RECIBIDO D.A.S.	V° B°
	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>

(*). Las determinaciones serán expresadas en mg/L, excepto Cl/Br, Color (UC) y Turbidez (UNF). Valor = 0,00 es inferior a su límite de determinación.

OBSERVACIONES:



“El contenido del presente informe no está cubierto por la acreditación de ENAC ni por sus acuerdos internacionales de reconocimiento.”

Informe N°	21/0045
Referencia de Laboratorio	7766-2
Referencia de envío (Ident. de la muestra)	CUENCA-2
Fecha de entrega a Laboratorio	12/03/2021
Proyecto N°	353005400

De Laboratorio Aguas a Dirección de Aguas Subterráneas

INFORME DE DETERMINACIONES REALIZADAS

Nombre Muestra	N° Registro	F. de toma	Minutos	Profundidad	F. Terminación	Num. Muestra
M-2 MAN. EL HOCINO		09/03/2021			07/04/2021	2

Físico-Químicos (*):	Mayoritarios (mg/L):
-----------------------------	-----------------------------

Oxidab. al MnO4K (mg/L)	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO ₄	HCO ₃
0,8	8	2	128	10	11	94	248
Conductividad 20° (µS/cm)	CO ₃	NO ₃	NO ₂	NH ₄	PO ₄	SiO ₂	
725	0	76	0,00	0,00	0,00	12,1	

pH (Unid. pH)	Metales (µg/L):
----------------------	------------------------

pH (Unid. pH)	Ag	Al	As	Boro	Ba	Be	Cd	Co	Cr
7,06		2,94	0,33	< 100			< 0,2		< 0,05
R. S. 180° (mg/L)	Cu	Fe	Hg	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb
529,2	0,4	< 15	< 0,5		< 0,5		1,37	< 0,05	
R. S. 260° (mg/L)	Se	Sr	Ta	Th	Tl	U	V	Zn	
	0,9							1,23	

La Jefe de Laboratorio: 	RECIBIDO D.A.S. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	V° B°
--	---	--------------------

(*) Las determinaciones serán expresadas en mg/l, excepto Conductividad (µS/cm) y pH (unidades de pH). Valor = 0,00 es inferior a su límite de determinación.

OBSERVACIONES:



“El contenido del presente informe no está cubierto por la acreditación de ENAC ni por sus acuerdos internacionales de reconocimiento.”

Informe N°	21/0045
Referencia de Laboratorio	7766-2
Referencia de envío (Ident. de la muestra)	CUENCA-2
Fecha de entrega a Laboratorio	12/03/2021
Proyecto N°	353005400

De Laboratorio Aguas a Dirección de Aguas Subterráneas

INFORME DE DETERMINACIONES REALIZADAS

Nombre Muestra	N° Registro	F. de toma	Minutos	Profundidad	F. Terminación	Num. Muestra
M-2 MAN. EL HOCINO		09/03/2021			07/04/2021	2

Específicos (*):

Fluoruro (mg/L)	CN (mg/L)	Sulfuros (mg/L)	Fenoles (mg/L)	Detergentes (mg/L)	CO2 (mg/L)
<0,5	<0,01				
Materias en suspensión (mg/L)	Dureza (mg/L)	COT (mg/L)	CT (mg/L)	IC (mg/L)	Bromato (mg/L)
2,1					
Bromuro (mg/L)	N org (mg/L)	Cloruro cromatogr. iónica (mg/L)	Cl/Br	Color (UC)	Turbidez (UNF)
					<1
Nitrógeno Total					

Isótopos (Bq/L):

Radalfa Erradalfa Radbeta Erradbeta Titrio

La Jefe de Laboratorio:	RECIBIDO D.A.S.	V° B°
	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>

(*). Las determinaciones serán expresadas en mg/L, excepto Cl/Br, Color (UC) y Turbidez (UNF). Valor = 0,00 es inferior a su límite de determinación.

OBSERVACIONES: