

EUSKO JAURLARITZA
GOBIERNO VASCO

DEPARTAMENTO DE
TRANSPORTES Y OBRAS PUBLICAS
Dirección de Aguas

CONSTRUCCIÓN DEL SONDEO DE EXPLOTACIÓN OSMA-A

Enero 1999



EVE

INDICE	Pág.
1.- INTRODUCCION - ANTECEDENTES.....	2
2.- OBJETIVOS Y EMPLAZAMIENTO.....	2
3.- GEOLOGIA LOCAL.....	3
3.1.- Estratigrafía.....	3
3.2.- Tectónica.....	4
3.3.- Consideraciones Hidrogeológicas.....	4
4.-SONDEO DE EXPLOTACION OSMA-A.....	5
4.1.- Equipo de perforación y desarrollo de los trabajos.....	5
4.2.- Características técnicas del sondeo.....	8
4.3.- Columna litológica. Aportes de agua.....	8
4.4.- Registros Geofísicos - Inspección Endoscópica.....	10
5.- RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	19

ANEXOS

A.1..- Inspección endoscópica y diagrfías en el sondeo OSMA-A

1.-INTRODUCCION - ANTECEDENTES

En el marco del Convenio "Programas de Actuación en Aguas Subterráneas", suscrito entre el Departamento de Obras Públicas y Transportes del Gobierno Vasco y el Ente Vasco de la Energía, se ha realizado el sondeo de explotación hidrogeológica denominado OSMA-A.

Esta obra figura en el Catálogo de Actuaciones en Aguas Subterráneas, elaborado en el ámbito de dicho convenio en Julio de 1997.

Una vez finalizados los trabajos de perforación, acondicionamiento del sondeo y prueba de producción, se ha realizado el presente Informe Técnico en el que se recoge el desarrollo de los trabajos así como los resultados obtenidos.

2.- OBJETIVOS Y EMPLAZAMIENTO

El sondeo de explotación denominado OSMA-A, junto con otros realizados en su entorno, tiene por objeto regular una parte de los recursos asociados a la Unidad Hidrogeológica Subijana en este sector, drenados mayoritariamente por el manantial de Osma y sus surgencias temporales asociadas.

El sondeo no emboquilla directamente en el objetivo, sino que lo hace en el nivel margoso superior, a bastante distancia de los piezómetros más cercanos (más de 500 m respecto a los sondeos de control piezométrico Osma-1 y 2).

El punto de sondeo elegido se sitúa en la parcela nº64 del polígono nº77 del T.M. de Valdegobía, en araje denominado Arguijo.

Para la ubicación del sondeo fué necesario únicamente el acondicionamiento del emplazamiento. El acceso se realiza desde la carretera de salida de Osma hacia Astulez. Además, se habilitó en las inmediaciones una balsa para el vertido de los lodos de perforación. Los trabajos se realizan durante los días 22 y 23 de Abril de 1998 con una pala mixta de la empresa Excavaciones P. Fernández, S.A.

Las coordenadas UTM y la cota aproximada del punto de perforación son los siguientes:

X= 494.593
Y= 4.748.943
Z= 600 m.



Emplazamiento sondeo OSMA-A

3.- GEOLOGIA LOCAL

El emplazamiento del sondeo Osma-A se localiza geológicamente en el flanco Sur de la suave estructura anticlinal de Zuazo, en cuyo núcleo aflora la potente formación margosa del Cretácico Superior denominada "Margas de Zuazo".

3.1.- Estratigrafía

La estratigrafía general del área está constituida fundamentalmente por tres conjuntos litológicos: Margas y margocalizas (Turonense medio-Conienciense inferior), Calizas (Conienciense medio-superior) y Margocalizas y margas (Santonense inferior).

A continuación se comentan las características litológicas más sobresalientes de estos materiales.

Margas y margocalizas del Turonense medio-Conienciense inferior (Margas de Zuazo)

Esta unidad litológica se encuentra constituida en su totalidad por una alternancia de margas y margocalizas estratificadas en paquetes de 20 cm a 1 m de espesor. Presenta una potencia global mínima de 550-1.000 m dependiendo de los sectores.

Las margas, de color grisáceo claro, aparecen en superficie bastantes alteradas, con aspecto apizarrado u hojoso. Son frecuentes los restos fósiles de Equinodermos, disminuyendo su fre-

cuencia en los paquetes más competentes.

Calizas del Conienciense medio-superior (Calizas de Subijana)

Dispuesta esta unidad concordantemente sobre la formación anterior, presenta una potencia que oscila entre los 200-400 m dependiendo de los sectores.

Se encuentra formada mayoritariamente por calizas de grano fino a medio, fuertemente recristalizadas, de colores grisáceos a ocres. Localmente aparecen calizas bioclásticas, siendo los Bivalvos los restos orgánicos mayoritarios. Por lo general presentan un aspecto masivo, aunque ocasionalmente se observan superficies de estratificación. Localmente se encuentran dolomitizadas dando lugar a dolomías de tipo carniolar, de colores más claros.

Dentro de esta unidad se dan cambios laterales de facies hacia términos más ricos en compoente arcilloso (margocalizas).

Margocalizas y margas del Santonense inferior (Margas de Osma)

Con una potencia global variable entre 100 y 300 m, se sitúa concordantemente sobre el término anterior.

Se trata de una alternancia de margas y margocalizas en paquetes de potencia no superior a 2 m. Las características litológicas son muy semejantes a las "Margas de Zuazo" con abundantes restos de Equinodermos, por lo general

fracturados y deformados.

Toda esta unidad aparece en superficie muy fracturada y alterada. En sectores más orientales a Osma (Villodas, Hueto de Abajo) aparece como un cambio de facies de las "Calizas de Subijana".

3.2.- Tectónica

La principal estructura de la zona es el Anticlinal de Zuazo. Se trata de una amplia estructura con suaves buzamientos y direcciones SE-NW. Únicamente en el extremo noroccidental se ve interrumpido bruscamente por fracturas E-W lo que produce un cambio en la dirección de su eje, pasando a ser N-S.

La fracturación es muy intensa tanto a nivel de afloramiento como a escala de fotograma aéreo. El sistema de fracturación más desarrollado es aproximadamente N20°E correspondiendo a fracturas transversales asociadas al pliegue anticlinal. Otro sistema que alcanza relevancia es el longitudinal a estas estructuras, con una dirección aproximada N100-110 E. Las fracturas, por lo general, son abiertas. La casi totalidad de ellas responden a fracturas originadas en una etapa distensiva posterior a la compresión que origina los pliegues en la zona.

3.3.- Consideraciones hidrogeológicas

La Unidad Hidrogeológica Subijana constituye un acuífero de tipología kárstica, con porosidad primaria poco elevada y porosidad secundaria muy impor-

tante, originada por procesos de fracturación y dolomitización. En conjunto, la permeabilidad del acuífero puede considerarse muy alta.

Entre las surgencias asociadas directa o indirectamente al acuífero carbonatado, se establece una división en relación con su funcionamiento: surgencias perennes y surgencias temporales. Al primer tipo corresponden los manantiales Nanclares (Qm aforado 440 l/s), Osma (Qm aforado 400 l/s), Abecia y Zuazo (Qm aforado 10-50 l/s). Los pertenecientes al segundo grupo son manantiales activos únicamente en períodos de aguas altas pero que, en dichos momentos, aportan caudales punta de hasta varios m³/s; tal es el caso de Subijana, Hueto o Trespuentes.

Mención aparte merece la zona de paso por las calizas del río Bayas cuyo funcionamiento es alternativamente como sumidero, en aguas medias-bajas, y como surgencia en aguas altas.

La disposición suavemente ondulada del nivel carbonatado permite, a pesar de su discreto espesor, una gran superficie de afloramiento (140 km², dentro de los límites administrativos impuestos a la unidad) en condiciones óptimas para facilitar la infiltración en detrimento de la escorrentía superficial.

Las condiciones de borde están compuestas por las facies margosas situadas a techo y muro del acuífero, aunque no actúan como límites estrictos; de hecho, un buen número de manantiales surgen en las margocalizas su-

periores.

El funcionamiento del acuífero es básicamente libre en el área de Subijana, y pasa a confinado en Nanclares y su prolongación hacia el Sur, en la denominada depresión de Treviño. No obstante, en el punto de perforación elegido y dada la profundidad a la se encuentran las calizas el acuífero debe estar confinado.

La recarga se produce por infiltración de la precipitación sobre los afloramientos y, en determinadas condiciones hidrológicas, por infiltración del río Bayas a su paso por las calizas.

Las direcciones de flujo son convergentes hacia los principales puntos de descarga, pero con la particularidad de que estas direcciones no son constantes a lo largo del tiempo y existen algunas variaciones importantes. El caso más claro está constituido por el sector de Subijana que actúa, alternativamente, como punto de recarga y punto de descarga. El sentido de flujo del recurso infiltrado es hacia el Sur, aunque no es descartable cierta componente Este, dada la diferencia de cota del sector drenado hacia el río Zadorra.

Los parámetros hidrológicos de la zona son:

- Isoyeta media 900 mm
- Isoterma media 8°C
- Lluvia útil 450 mm.
- Porcentaje medio de infiltración de la lluvia útil 95%.

Aplicando estos parámetros al área de la unidad los recursos renovables en

un año medio son de 66 Hm³/año.

Sin embargo, esta cifra no representa el total del concepto de entradas del balance de la unidad; para ello, se debe incrementar la infiltración procedente del río Bayas a su paso por las calizas.

Los sondeos se encuentran ubicados en la subunidad de Osma cuya área de afloramiento en la Comunidad Autónoma es de 24 km². La recarga, en la superficie indicada, se ha estimado en 10.3 Hm³; el principal punto de descarga es el constituido por los manantiales de Osma, además de otras surgencias en el entorno de menor entidad y carácter temporal.

4.- SONDEO DE EXPLOTACION OSMA-A

4.1.- Equipo de perforación y desarrollo de los trabajos

La perforación ha sido realizada a percusión con cable con un equipo de la empresa Sondeos Manuel Ruiz Guerra.

El día 22 de Abril queda emplazada la maquinaria en el punto de sondeo, no comenzando la perforación propiamente dicha hasta el día siguiente.

La evolución de la perforación se resume en el cuadro N^o1

La ejecución del sondeo se ha desarrollado en dos fases:

1ªFASE.- Perforación de la cámara-

Construcción del Sondeo de Explotación OSMA-A

Cuadro N°1 : Evolución de la perforación a percusión en el sondeo OSMA-A

Día	Prof. alcanzada (m)	Avance (m)	φPerf (mm)	Prof. entubada(m)	φInt. (mm)	OBSERVACIONES
23/4/1998	5	5	650			
24/4/1998	13	8	"			
25/4/1998	20	7	"			
26/4/1998	23	3	"			
27/1/2004	27	4	"			
28/4/1998	29	2	"			Repasando por desviación.
29/1/2004	30	1	"			Repasando por desviación.
30/4/1998	30	0	"			Repasando por desviación.
4/5/1998	30	0	"			
5/5/1998	33	3	"			
6/5/1998	34	1	"			
7/5/1998	35	1	"			Repasando por desviación.
8/5/1998	36	1	"			
9/5/1998	37	1	"			
10/5/1998	38	1	"			
11/5/1998	41	3	"			
12/5/1998	44	3	"			
13/5/1998	47	3	"			
14/5/1998	50	3	"			
18/5/1998	53	3	"			
19/5/1998	56	3	"			
20/5/1998	58	2	"			
21/5/1998	60	2	"			
22/5/1998	60	0	"			Repasando por desviación.
23/5/1998	61	1	"			
24/5/1998	62	1	"			
25/5/1998	63	1	"			
26/5/1998	64	1	"			
27/5/1998	65	1	"			
28/5/1998	66	1	"			
29/5/1998	67	1	"			
2/6/1998	69	2	"			
3/6/1998	70	1	"			
4/6/1998	70	0	"			Repasando por desviación.
5/6/1998	70	0	"			
6/6/1998	71	1	"			
7/6/1998	72	1	"			
8/6/1998	73	1	"			
9/6/1998	75	2	"			
10/6/1998	76	1	"			
11/6/1998	77	1	"			
15/6/1998	78	1	"			
16/6/1998	79	1	"			
17/6/1998	80	1	"			
18/6/1998	81	1	"			
19/6/1998	85	4	"			
20/6/1998	86	1	"			
21/6/1998	86	0	"			
22/6/1998	89	3	"			
23/6/1998	91	2	600			Se reduce diámetro a 600mm
24/6/1998	93	2	"			
25/6/1998	95	2	"			
29/6/1998	97	2	"			
30/6/1998	99	2	"			
1/7/1998	100	1	"			
2/7/1998	102	2	"			
3/7/1998	105	3	"			
4/7/1998	108	3	"			
5/7/1998	111	3	"			
6/7/1998	113	2	"			
7/7/1998	117	4	"			Se tocan calizas
8/7/1998	117	0	"	117	450	Entubación cámara de bombeo
9/7/1998				"	"	Cementación con 11.5 m3 de Lechada densidad 1.75.
14/7/1998				"	"	Inyección 5m3 lechada a 42m.
20/7/1998	121	4	440	"	"	
21/7/1998	126	5	"	"	"	
22/7/1998	130	4	"	"	"	
23/7/1998	134	4	"	"	"	
24/7/1998	138	4	"	"	"	
25/7/1998	141	3	"	"	"	
27/7/1998	145	4	"	"	"	

Construcción del Sondeo de Explotación OSMA-A

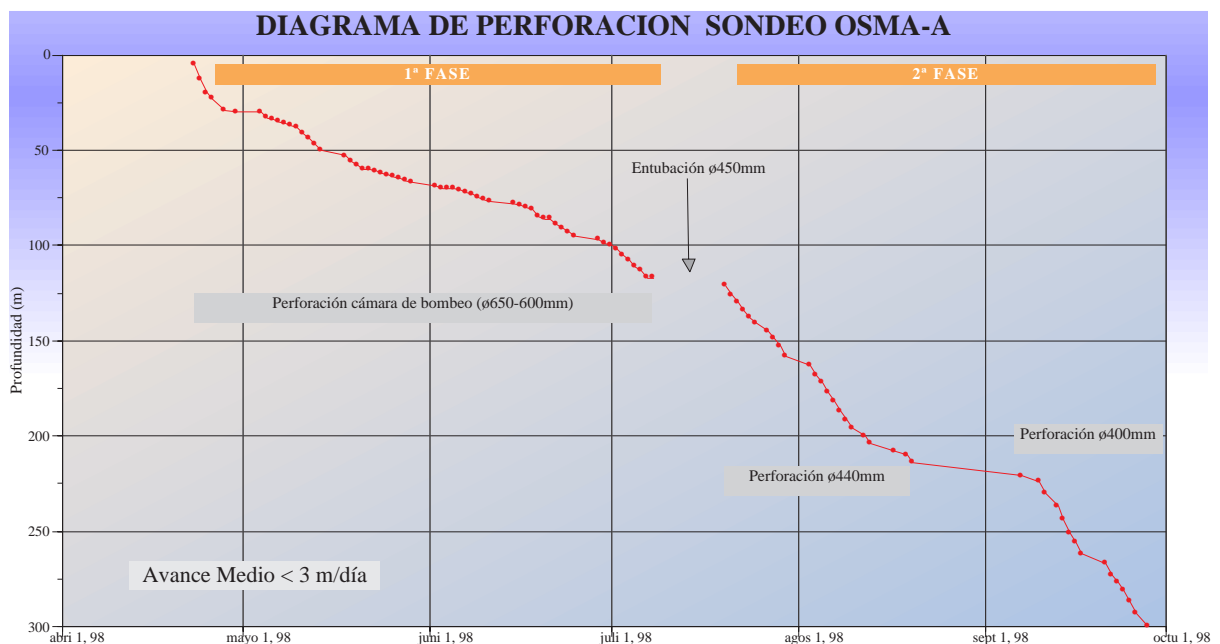
Día	Prof. alcanzada (m)	Avance (m)	φPerf (mm)	Prof. entubada(m)	φInt. (mm)	OBSERVACIONES
28/7/1998	149	4	"	"	"	
29/7/1998	153	4	"	"	"	
30/7/1998	158	5	"	"	"	Recupera poco ripio
3/8/1998	163	5	"	"	"	Recupera poco ripio
4/8/1998	168	5	"	"	"	
5/8/1998	172	4	"	"	"	
6/8/1998	177	5	"	"	"	
7/8/1998	182	5	"	"	"	
8/8/1998	187	5	"	"	"	
9/8/1998	192	5	"	"	"	
10/8/1998	196	4	"	"	"	
12/8/1998	200	4	"	"	"	
13/8/1998	204	4	"	"	"	
17/8/1998	208	4	"	"	"	
19/8/1998	210	2	"	"	"	
20/8/1998	214	4	"	"	"	Recupera poco ripio
7/9/1998	221	7	400	"	"	
10/9/1998	224	3	"	"	"	
11/9/1998	230	6	"	"	"	
13/9/1998	237	7	"	"	"	
14/9/1998	244	7	"	"	"	Recupera poco ripio
15/9/1998	251	7	"	"	"	Recupera poco ripio
16/9/1998	256	5	"	"	"	Recupera poco ripio
17/9/1998	262	6	"	"	"	
21/9/1998	267	5	"	"	"	
22/9/1998	273	6	"	"	"	
23/9/1998	277	4	"	"	"	
24/9/1998	281	4	"	"	"	
25/9/1998	287	6	"	"	"	
26/9/1998	293	6	"	"	"	
28/9/1998	300	7	"	"	"	
30/9/1998						Cierre del sondeo. Brida y tapa.

de bombeo con diámetro 650 mm y entubado de la misma con tubería ciega de diámetro interior 450 mm y espesor 8mm. Posterior cementación del espacio anular entre perforación y tubería.

sondeo con diámetros 440-400 mm. Esta parte del sondeo quedará libre de tubería (open-hole).

2ªFASE.- Perforación del resto del

La perforación, en ambas fases, se desarrolla sin problemas dignos de mención. Únicamente se producen, de forma puntual, algunas pequeñas des-



viaciones que son corregidas de forma rápida y sin problemas.

Los trabajos de perforación propiamente dichos se prolongan por algo más de 103 días efectivos, obteniéndose un avance medio ligeramente inferior a 3 m/día, sensiblemente menor que los avances conseguidos en otros sectores (Subijana y Nanclares).

Los lodos de la perforación fueron vertidos a una balsa de decantación habilitada en las inmediaciones del punto de sondeo. Una vez finalizados los trabajos en la zona (construcción del sondeo y diagráfias) se ha procedido a la restauración del entorno.

4.2.- Características técnicas del sondeo

El sondeo realizado presenta las siguientes características constructivas :

<i>Perforación</i>		
Profundidad (m)	Ø (mm)	Tipo
0-89	650	Trépano
89-117	600	Trépano
117-214	440	Trépano
214-300	400	Trépano

La entubación de la cámara de bombeo se realiza el día 8 de Julio de 1998, antes de realizar las diagráfias.

<i>Entubación</i>			
Prof. (m)	Øint (mm)	Pared (mm)	Tipo
0-117	450	8	Metálica ciega

Las uniones entre los diferentes largos se realizan mediante soldadura eléctrica.

No se utiliza ningún tipo de tubería auxiliar (dado que el sondeo emboquilla directamente en la roca y no se detectan inestabilidades en las paredes del sondeo), salvo la tubería de Ø2" que se utiliza en la cementación.

<i>Cementación</i>		
Prof. (m)	Volumen (m3)	Tipo
0-117	20.5	Lechada

La cementación se realiza en el fondo del sondeo a través de la tubería de Ø2".

El cierre del sondeo se realiza instalando una brida soldada y su correspondiente tapa atornillada. A la tapa se le añade un tapón roscado de Ø2" para permitir la medida de niveles.

Por último, se realiza en superficie una pequeña solera de hormigón de aproximadamente 1 m².

4.3.- Columna litológica - Aportes de agua.

Durante la realización del sondeo se han recogido muestras cada 5 m en la serie margosa inicial y cada 2 m al entrar en la serie carbonatada. La columna litológica que se describe a continuación se basa solamente en la observación de las muestras recogidas.

El sondeo OSMA-A perfora las dos unidades estratigráficas descritas en el capítulo 3.1.

Construcción del Sondeo de Explotación OSMA-A

La columna sintética atravesada es la siguiente:

Prof. (m)	Litológica
0-117	MARGAS DE OSMA : Margas y margocalizas grises. Localmente fracturadas y con venas de calcita
117-300	CALIZAS DE SUBIJANA : Calizas grises bastante compactas, localmente con venas de calcita. En algunos tramos se observa una tonalidad más crema, posiblemente asociada a dolomitización.

Desde los primeros metros de sondeo se producen pequeños aportes de

agua que facilitan la perforación, si bien no son importantes y se deprime el nivel simplemente con el valvuleo.

Una vez entrado en las calizas no se constatan aportes de agua netos, únicamente se constatan algunas zonas donde, aparentemente, la recuperación de rípio es menor. Estas zonas, que podrían corresponder a sectores más fracturados con aporte de agua, se localizaron a las profundidades de 158-163, 210-221 y 244-255 m.



Muestras SONDEO OSMA-A



4.4.- Registros Geofísicos - Inspección Endoscópica

Durante los días 2 y 3 de Diciembre de 1998 se llevan a cabo los trabajos de testificación geofísica e inspección mediante vídeo en el sondeo. Los trabajos corren a cargo de la empresa francesa HYDROINVEST y se realizan del siguiente modo :

- Inspección endoscópica del sondeo mediante vídeo. Es la primera operación y se realiza con un equipo de cámara axial de construcción propia de la empresa Hydroinvest. La cámara se desciende por el sondeo con un centrador en su parte superior.
- Registros geofísicos en estática. Se registran los siguientes parámetros:
 - Resistividad monoelectrónica.
 - Resistividad corta (16") y larga (64").
 - Radiación natural gamma (γ -ray)
 - Flujo natural.
 - Temperatura y Conductividad del agua.
- Registros geofísicos en producción. Se realizan a continuación y conjuntamente con el bombeo de un caudal determinado. Los parámetros que se

registran en producción son : Temperatura, Conductividad y Flujo. El bombeo se realiza con una pequeña bomba de $\varnothing 6"$ y tubería de impulsión de aluminio "tipo riego". El control de los caudales se efectúa mediante un caudalímetro electromagnético y el de los niveles mediante un sensor de presión. Se verifican los controles con un pequeño vertedero triangular y con una sonda convencional de medida del nivel.

A continuación, se describen y analizan los registros obtenidos.

• Inspección endoscópica - Registro de vídeo.

El registro se realiza con el sondeo definitivamente acabado, esto es, entubado y cementado en sus primeros 117 m. La cámara lleva adaptada una brújula que permite realizar medidas en las discontinuidades que se observan.



Cámara utilizada en la inspección endoscópica.

El registro de video se inicia con bastante poca visibilidad en los primeros 125 m. (nula en algunos momentos)

debido a una abundante presencia de flóculos bacterianos de color naranja en suspensión, desarrollados mayoritariamente sobre las paredes del tubo de acero con soldadura helicoidal.

Por debajo de los 125 m la visibilidad es algo mejor, si bien son frecuentes las partículas en suspensión (flóculos bacterianos).

Toda la serie atravesada observable en el registro de vídeo esta compuesta por materiales carbonatados extremadamente compactos. Como rasgos más destacables, dentro de la escasa fracturación que presenta la serie, se pueden citar algunas pequeñas fracturas (en general poco o nada abiertas) que se detectan a las profundidades de: 121-137, 175.90, 186.50-187.50, 208.50-212, 221.60-222.60 y 253-256.

Se detectan algunas discontinuidades asociadas a superficies de estratificación a las profundidades de: 139, 179, 189-191, 199.50, 208.50-212, 218.40, 235.50-236.50, 248-249, 267.90 y 275.50.

Tanto en las pequeñas fracturas detectadas como en las superficies de estratificación se observan frecuentemente depósitos de flóculos bacterianos decantados.

El fondo del sondeo se localiza a los 290.80 m y está constituido por depósitos blandos de color naranja de arcillas y flóculos bacterianos decantados.

A continuación se adjuntan algunas fotografías singulares:

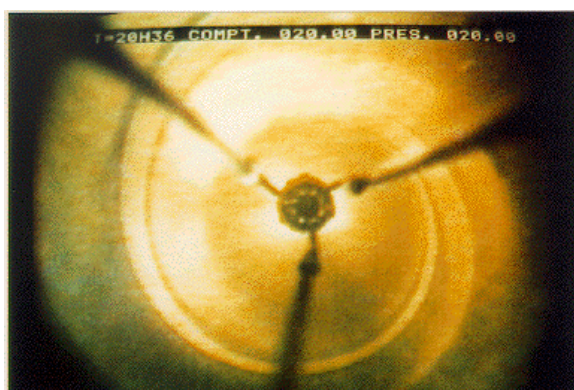


Foto 1 (20.0 m)-Tubo de acero ø450mm con soldadura helicoidal. Visibilidad reducida por flóculos bacterianos en suspensión

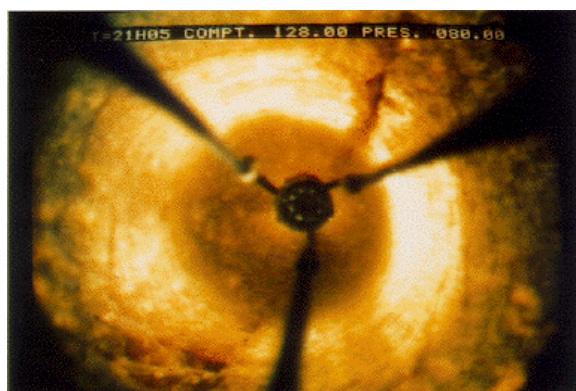


Foto 2 (128.0 m)-Pequeña diaclasa subvertical.

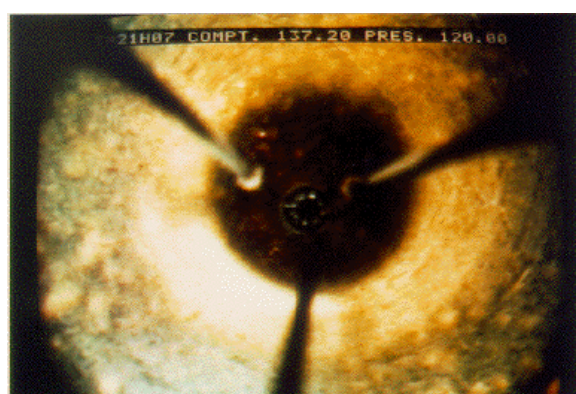


Foto 3 (137.2 m)-Sección del sondeo muy regular. Aspecto de las calizas masivas.

Construcción del Sondeo de Explotación OSMA-A

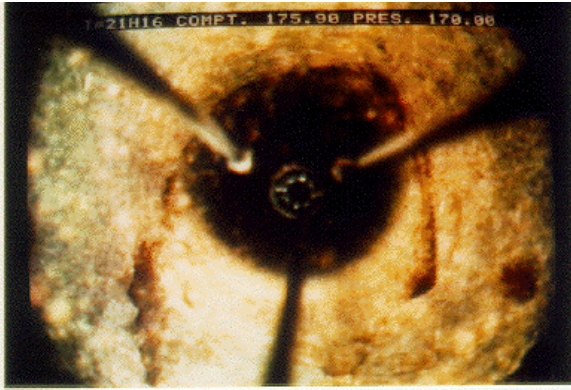


Foto 4 (175.9 m)-Pequeña diaclasa subvertical ligeramente abierta de orientación N-S.

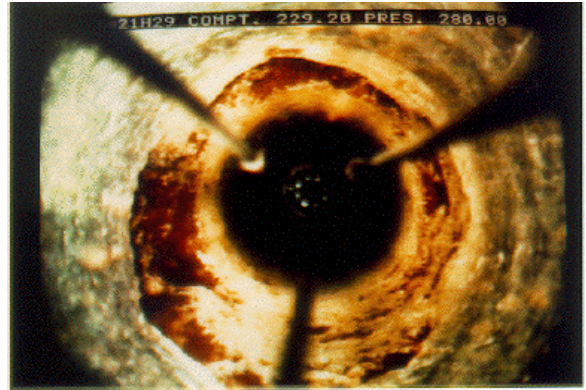


Foto 7 (229.2 m)-Sección irregular de juntas de estratificación. Decantación de flóculos fracturas



Foto 5 (189.5 m)-Sucesión de juntas de estratificación con depósitos de flóculos bacterianos.

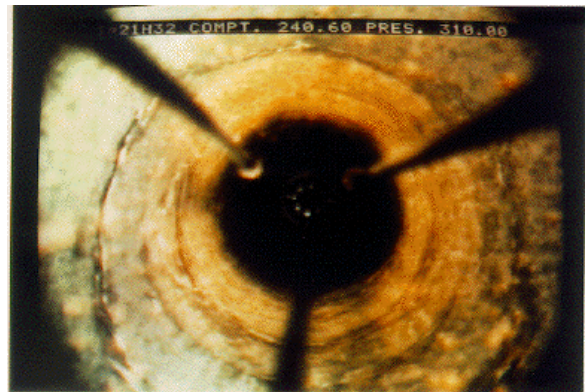


Foto 8 (240.6 m)-Numerosas juntas de estratificación dentro de una sección muy compacta.

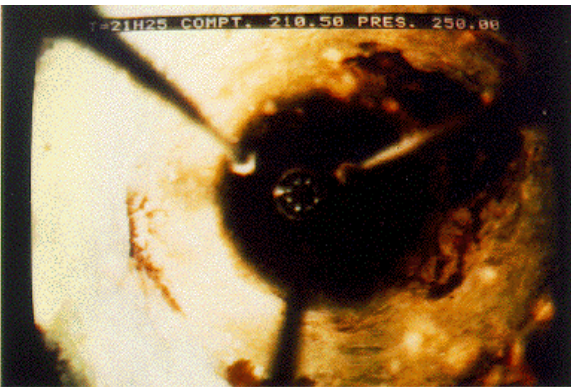


Foto 6 (210.5 m)-Pequeña diaclasa subvertical. Sección deformada.

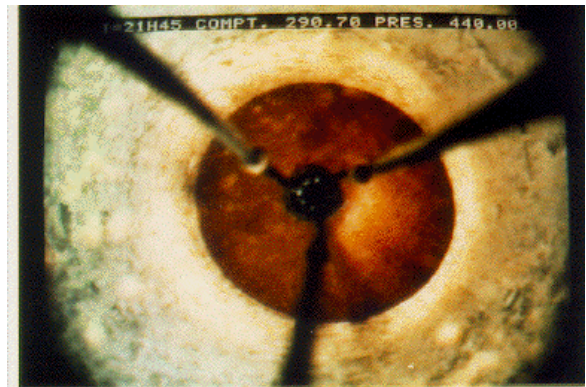
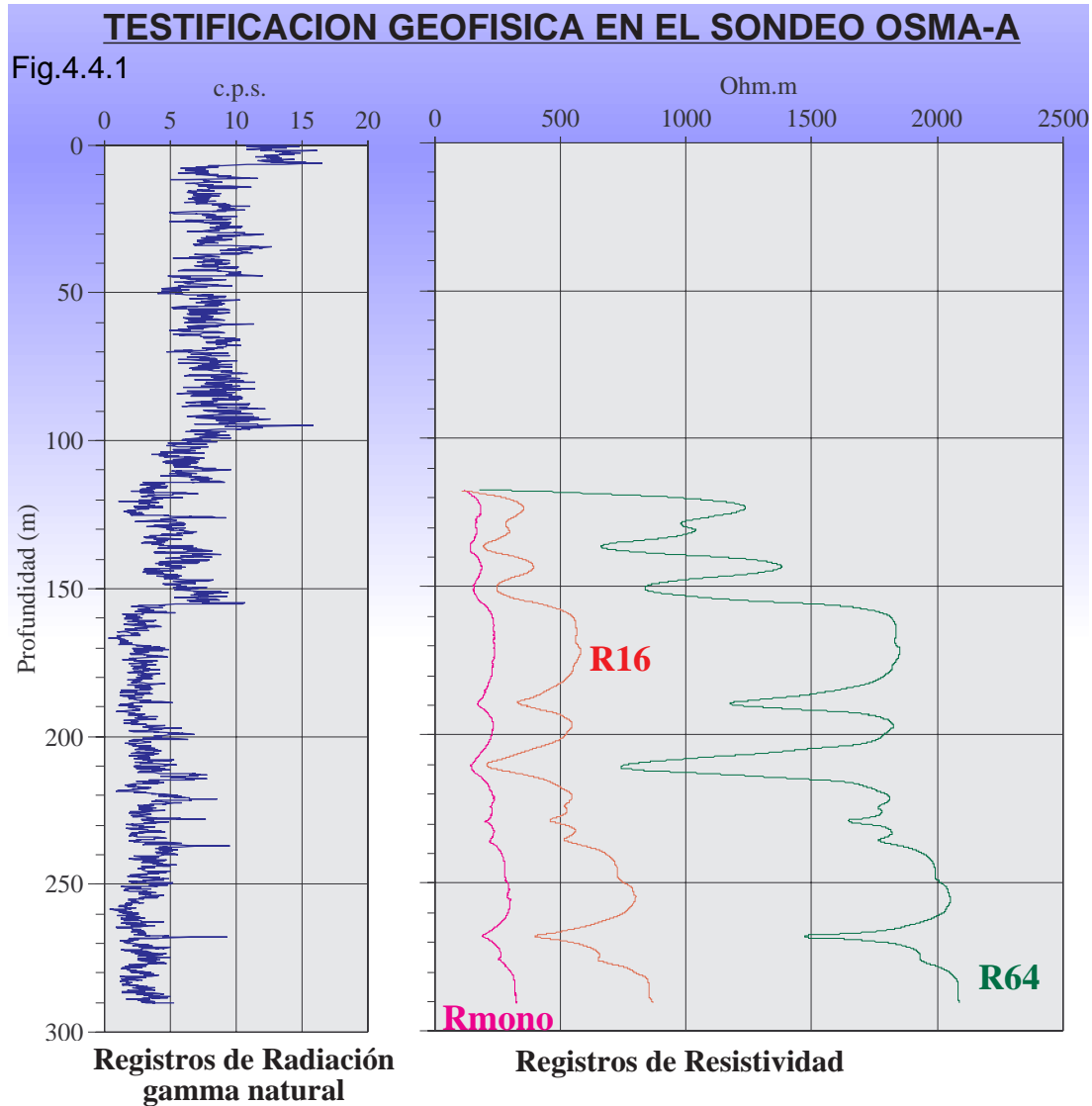


Foto 9 (290.7 m)-Fondo del sondeo. Depósitos arcillosos y flóculos bacterianos decantados.

• Diagrafías eléctricas - Radiación natural

Gamma

Se engloban en este apartado los registros de resistividad (monoelectró-



dica, corta-16" y larga-64") y la radiación natural gamma.

Tal y como se observa en la Fig. 4.4.1, se pueden llegar a distinguir en detalle hasta cuatro niveles con características geoelectricas distintas:

- Nivel 1 (0-6 m): corresponde a una formación superficial predominantemente arcillosa, quedando reflejada en los valores de radiación natural gamma más elevados (10-15 cps).
- Nivel 2 (6-100 m): con una radia-

ción natural todavía elevada (5-10 cps), corresponde a la formación margosa Coniaciense denominada "Margas de Osma".

- Nivel 3 (100-155 m): presenta una radiación moderada y valores de resistividad medios. Se interpreta desde el punto de vista geológico como una zona intermedia (de tránsito) entre la formación margosa del nivel anterior y las calizas más puras inferiores. Esta zona intermedia de transición existe incluso a nivel cartográfico en otros sectores (Subijana).

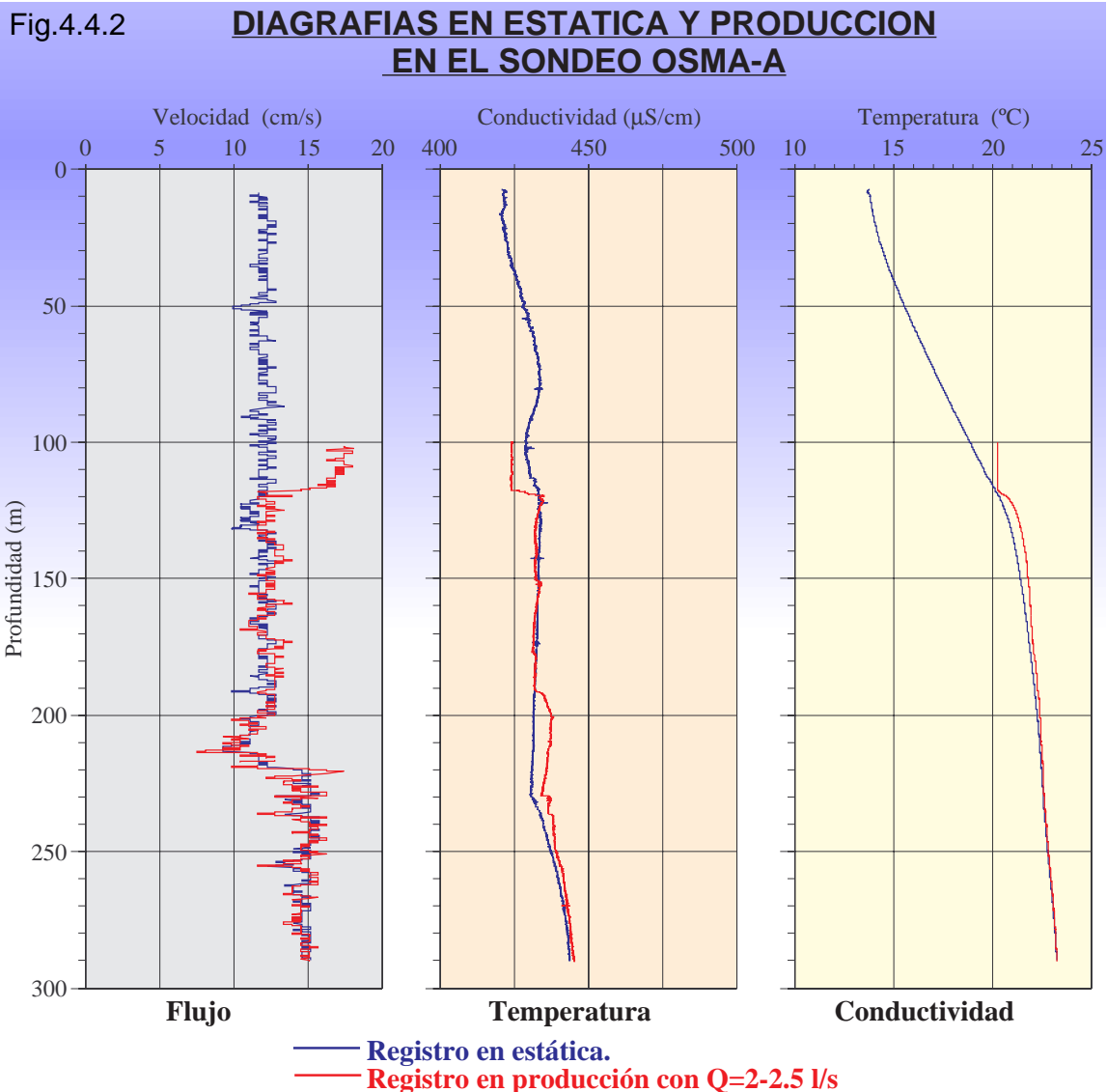
• Nivel 4 (155-290 m); con una radiación baja (<5 cps) y resistividades muy fuertes corresponde a la formación denominada "Calizas de Subijana". Constituida por calizas grises y cremas y localmente dolomías. Las fuertes anomalías de resistividad que se detectan a los 190, 211 y 278 m corresponden a discontinuidades litológicas o estructurales (fracturación).

Estas cuatro unidades litológicas diferenciadas se correlacionan con relativa facilidad con las obtenidas en el sondeo OSMA-B.

• **Registros en estática (Flujo natural, Temperatura y Conductividad del Fluido)**

Se realizan después del registro de video, en régimen natural (es decir sin bombeo). En la Fig. 4.4.2 se presentan los resultados obtenidos, juntamente con los obtenidos posteriormente en producción (con bombeo).

La **termografía** muestra una variación de temperatura, desde el nivel



estático (7.32 m) hasta los 122 m (primera zona fracturada) de 6.6°C, lo que proporciona un gradiente geotérmico de 5.7 °C por cada 100 m, que resulta ser muy alto para esta zona.

Desde los 122 m hasta el final del sondeo (290 m) se produce un aumento de 2.9°C, finalizando el registro con 23.2°C. En este tramo se obtiene un gradiente geotérmico más débil, del orden de 1.7°C por cada 100 m.

Se detectan tres anomalías térmicas. La principal se localiza entre los 122-132 m, y provoca un cambio en el gradiente geotérmico coincidiendo con la primera zona fisurada que se observa en el registro de video.

A los 220-230 m se produce otra pequeña anomalía coincidiendo con una sección irregular en el sondeo y una anomalía en la resistividad. Por debajo a los 280 m, parece detectarse otra ligera anomalía que no queda bien definida al finalizar el registro diez metros por debajo.

Por último, resaltar que el sondeo OSMA-B presenta un gradiente geotérmico comparativamente mucho menor.

En el registro de **conductividad** en estática se pueden distinguir 3 zonas. Desde el nivel piezométrico hasta la base de la tubería de $\varnothing 450$ mm se produce una evolución de la conductividad de forma sinusoidal, entre 420 y 435 $\mu\text{S}/\text{cm}$, probablemente generada por la actividad bacteriana dentro del tubo de acero.

Desde los 120 m hasta los 230 m se produce una disminución lineal de la conductividad entre 435 y 430 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

A partir de aquí y hasta el fondo del sondeo se produce un aumento hasta los 445 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

El registro del **flujo en estática** se realiza con una campana de amplificación instalada en el micromolinete, debido al diámetro de la perforación.

El registro es bastante homogéneo a lo largo de los primeros 220 m del sondeo con una velocidad aparente en torno a 12 cm/s. Por debajo de esta profundidad se produce un aumento de la velocidad hasta los 15 cm/s, que se mantendrá hasta el fondo del sondeo. Este cambio refleja la reducción de diámetro realizada durante la construcción del sondeo de 440 a 400 mm.



Sonda de flujo-temperatura-conductividad equipada con campana amplificadora y centrador superior.

El registro de flujo en estática permite constatar la ausencia de flujo natural en el sondeo. Revela también ciertas irregularidades en la sección del sondeo situándose las principales a 120-132, 192, 212, 230, 236 y 256 m.

• Registros en Producción (Temperatura, Conductividad y Flujo).

Los registros en producción se realizan con una bomba de $\varnothing 6'$ instalada a 51 m, capaz de extraer un caudal máximo de 86 m³/h (~24 l/s).

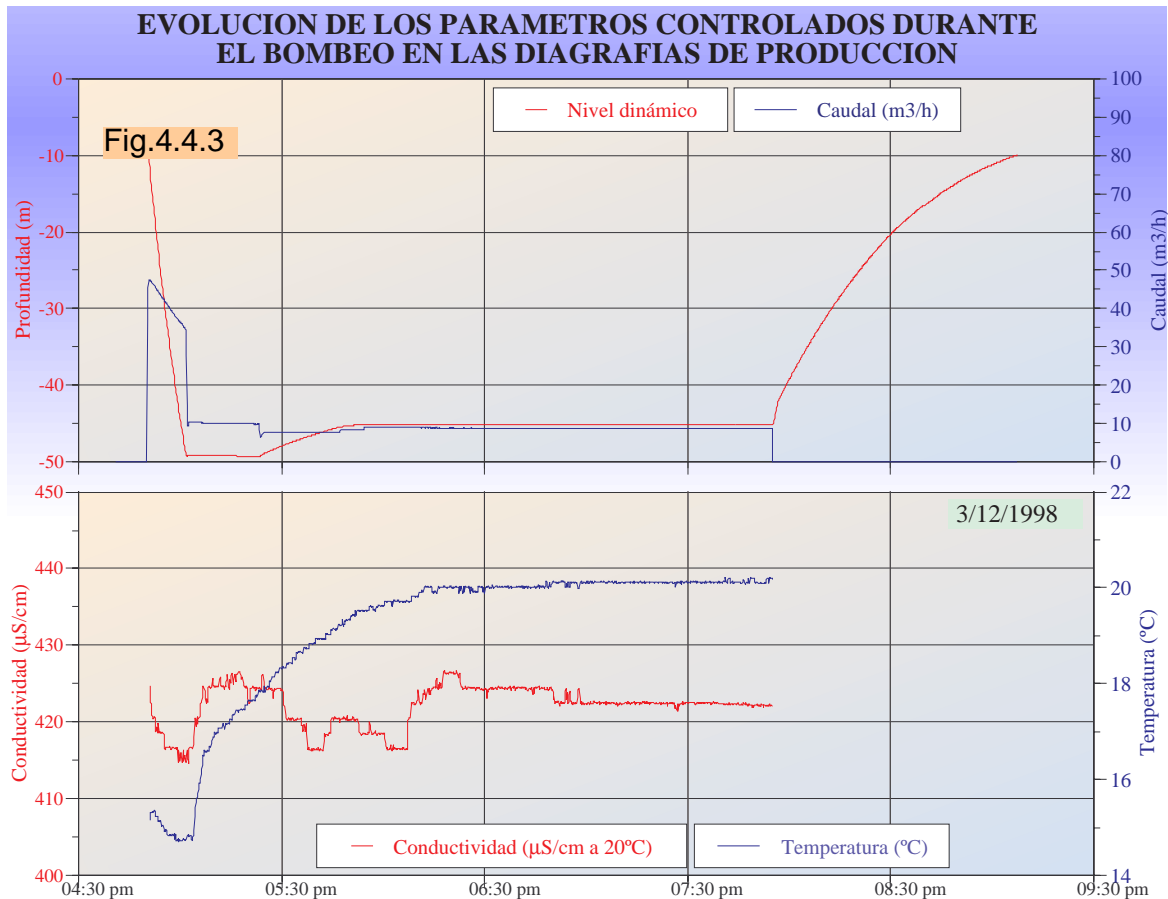
Las medidas de nivel se realizan tomando como referencia la brida del sondeo, situada a 45 cm de la superficie del terreno.

En la Fig. 4.4.3 se presenta le evolución del bombeo necesario para realizar los registros de producción, así como la evolución de la T^a y conductividad en la boca del sondeo.

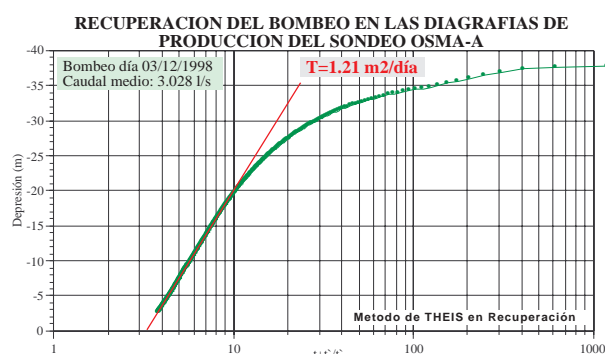
El bombeo se inicia con un caudal de 40 m³/h que se va reduciendo progresivamente, debido a la pequeña productividad del sondeo, hasta los ~9m³/h (2.5 l/s). Con este bajo caudal (2.5 l/s) se realizan las diagragfías en producción.

Con el bombeo realizado se constata una productividad en el sondeo muy baja: un caudal específico de 0.056 l/s por metro de depresión.

La transmisividad, calculada por el método de Theis sobre la recuperación del bombeo necesario para la realización de las diagragfías de producción, es muy baja (1.2 m²/día). Este valor de transmisividad es tres veces más bajo que el obtenido en el sondeo OSMA-B.



La evolución de la temperatura muestra un ascenso desde los 15°C (al inicio del bombeo) hasta los aproximadamente 20°C, donde tiende a estabilizarse.



La conductividad se mantiene bastante variable durante todo el bombeo, estabilizándose en torno a los 425-420 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en el tramo final del bombeo.

El agua extraída del sondeo se va cargando progresivamente en partículas arcillosas grises, finalizando el ensayo con una turbidez notable en el agua.

En la Fig. 4.4.2 se muestran las diagráfias de producción realizadas así como las obtenidas en régimen estático, para su comparación.

Las condiciones de realización de las diagráfias en producción son las siguientes:

- T^a en superficie: 20.0-20.1°C (estable)
- Conductividad a 20°C en superficie: 425-422 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (estable)
- Caudal de bombeo: 8.9m³/h (2.47 l/s)
- Variación del nivel dinámico durante el descenso de la sonda: 45.12-45.16 m

La termografía en producción

muestra una anomalía térmica principal en la base de la zona entubada, con aporte de agua en la primera zona fisurada.

Se registran anomalías de mucha menor entidad a las profundidades de 151, 177, 191, 211 y 230-236 m.

La conductividad de la columna de agua es globalmente poco variable con relación a la registrada en estática (425 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dentro del tubo de acero y 445 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el fondo del sondeo).

El registro muestra, al igual que el de T^a, una anomalía de conductividad notable en la base de la cámara de bombeo, con llegada de aguas ligeramente menos mineralizadas en la primera zona fracturada. Otras anomalías de menor entidad se detectan a 151, 177, 191, 201, 211, 230, 236 y 250 m, muchas de ellas asociadas, como se a comentado anteriormente, también a anomalías térmicas.

Dentro del registro de flujo en producción, y comparándolo con el obtenido en estática, se pueden distinguir tres zonas con características singulares:

- En los primeros 118 m el registro es netamente superior al obtenido en reposo, reflejando el caudal que se extrae del sondeo, si bien y debido al pequeño caudal puesto en juego, la velocidad del agua en el sondeo es pequeña.
- Entre los metros 118 y 191 se detecta una velocidad ligeramente superior a la medida en reposo.

•Por debajo de los 191 m y hasta el fondo del sondeo la velocidad registrada en producción es prácticamente la misma que la obtenida en reposo.

En resumen, las diagráfias realizadas en el sondeo OSMA-A permiten constatar la escasa productividad del sondeo. El aporte principal de agua al sondeo se produce en la base de la cámara de bombeo (en la primera zona fracturada observable en la inspección endoscópica).



Diagráfias de producción en el sondeo OSMA-A

Por debajo, las anomalías térmicas o de conductividad reflejan débiles zonas productivas, si bien el pequeño caudal de bombeo y el importante diametro de perforación que entran en juego no permiten cuantificar los aportes.

Por último, señalar que la evolución del nivel dinámico (en bombeo y recuperación) unido al elevado gradiente geotérmico y a la escasa fracturación que exhiben los materiales perforados en este punto, son suficientemente concluyentes como para descartar cualquier posibilidad de mejora significativa del sondeo por los métodos habituales de desarrollo.

5.- RESUMEN Y CONCLUSIONES

En el marco del Convenio "Programas de Actuación en Aguas Subterráneas", suscrito entre el Departamento de Obras Públicas y Transportes del Gobierno Vasco y el Ente Vasco de la Energía, se ha realizado el sondeo de explotación hidrogeológica denominado OSMA-A.

La profundidad final del sondeo es de 300 m, habiéndose entubado y cementado el sondeo en sus primeros 117 m con tubería metálica de diámetro interior 450 mm como cámara de bombeo. La cabeza de pozo se encuentra cerrada mediante una brida soldada y tapa atornillada.

La perforación se desarrolla dentro de las calizas de Subijana, tras atravesar inicialmente 117 m de margas y margocalizas muy compactas.

La inspección endoscópica efectuada, así como las diagráfias en estática y, sobre todo, en producción, permite cuantificar una productividad del sondeo muy baja (~ 0.056 l/s.m para un caudal de bombeo próximo a 2.5 l/s).

Esta baja productividad del sondeo está relacionada con la prácticamente ausencia de fracturación en los materiales atravesados, llevando asociada una transmisividad muy baja (1.2 m²/día).

La principal zona productora en el sondeo se localiza justo en la base de la cámara de bombeo (118-120 m) asociada a una pequeña zona fracturada.

Por debajo se detectan pequeñas anomalías térmicas y de conductividad que aunque deben corresponder a zonas de aporte, éste debe ser muy bajo.

El escaso flujo existente en las inmediaciones del punto perforado conlleva la existencia de un gradiente geotérmico muy elevado (5.7°C por cada 100 m), más todavía cuando se compara con otros sondeo efectuados dentro de la misma Unidad Hidrogeológica (sectores de Subijana y Nanclares).

Por otra parte, no cabe albergar posibilidades de incremento significativo de la productividad del sondeo mediante las técnicas de desarrollo habituales.

En definitiva, el sondeo debe ser considerado negativo a los efectos previstos de regulación de las aportaciones del manantial Osma y de disponibilidad de recurso para los usos más probables en el entorno.

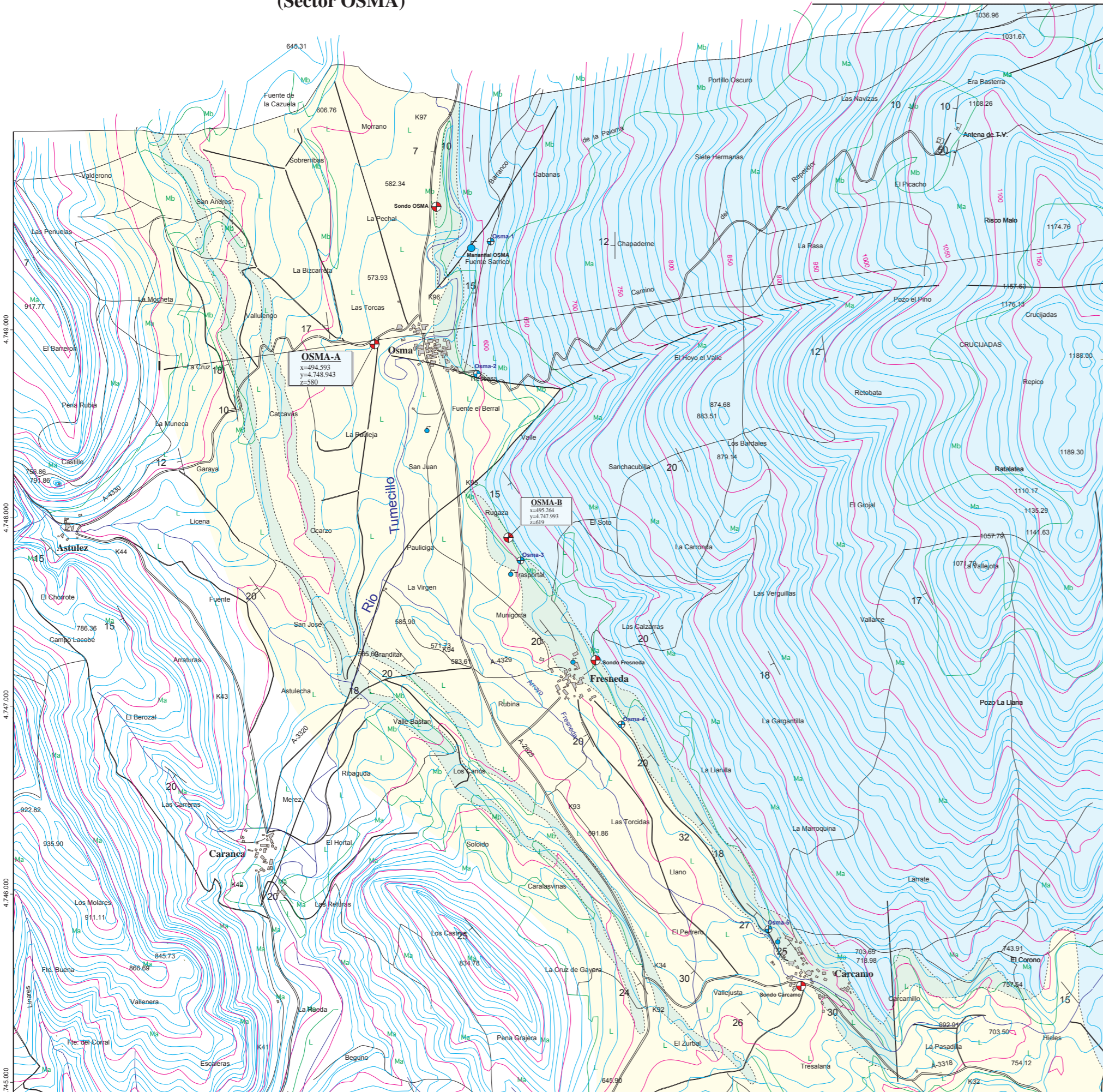
En cualquier caso, la existencia de otros sondeos positivos en la Unidad Hidrogeológica, incluso en las inmediaciones del que se describe, no restan potencialidad a la zona, por lo que se recomienda la construcción de nuevas obras capaces de dar cumplimiento a la satisfacción de las demandas existentes.

Bilbao, Enero de 1999

ANEXO A.1

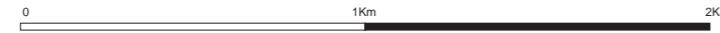
Inspección endoscópica y diagráfías en el sondeo OSMA-A

UNIDAD HIDROGEOLOGICA SUBIJANA (Sector OSMA)

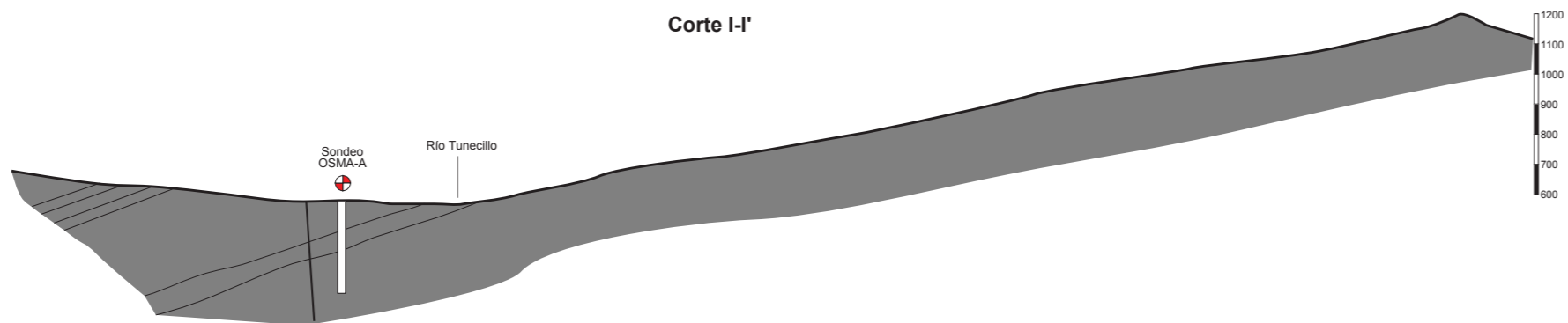


- LEYENDA**
- Margas de Osma (Santoniense Inf.)
 - Margocalizas (Santoniense Inf.)
 - Calizas de Subijana (Conciense)
 - Contacto normal o concordante
 - Contacto discordante
 - Falla o fractura
 - Dirección y valor del buzamiento
 - Sondeo de Explotación
 - Sondeo de Control piezométrico
 - Surgencia con Qmed=10 l/s
 - Surgencia con Qmed=10 l/s

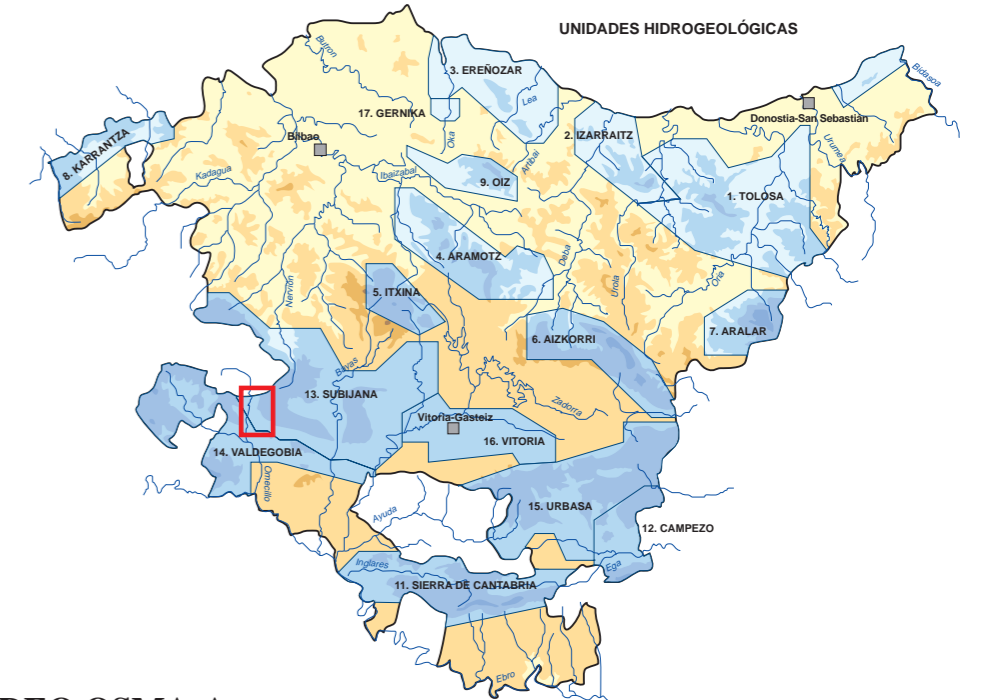
ESCALA



Corte I-I'

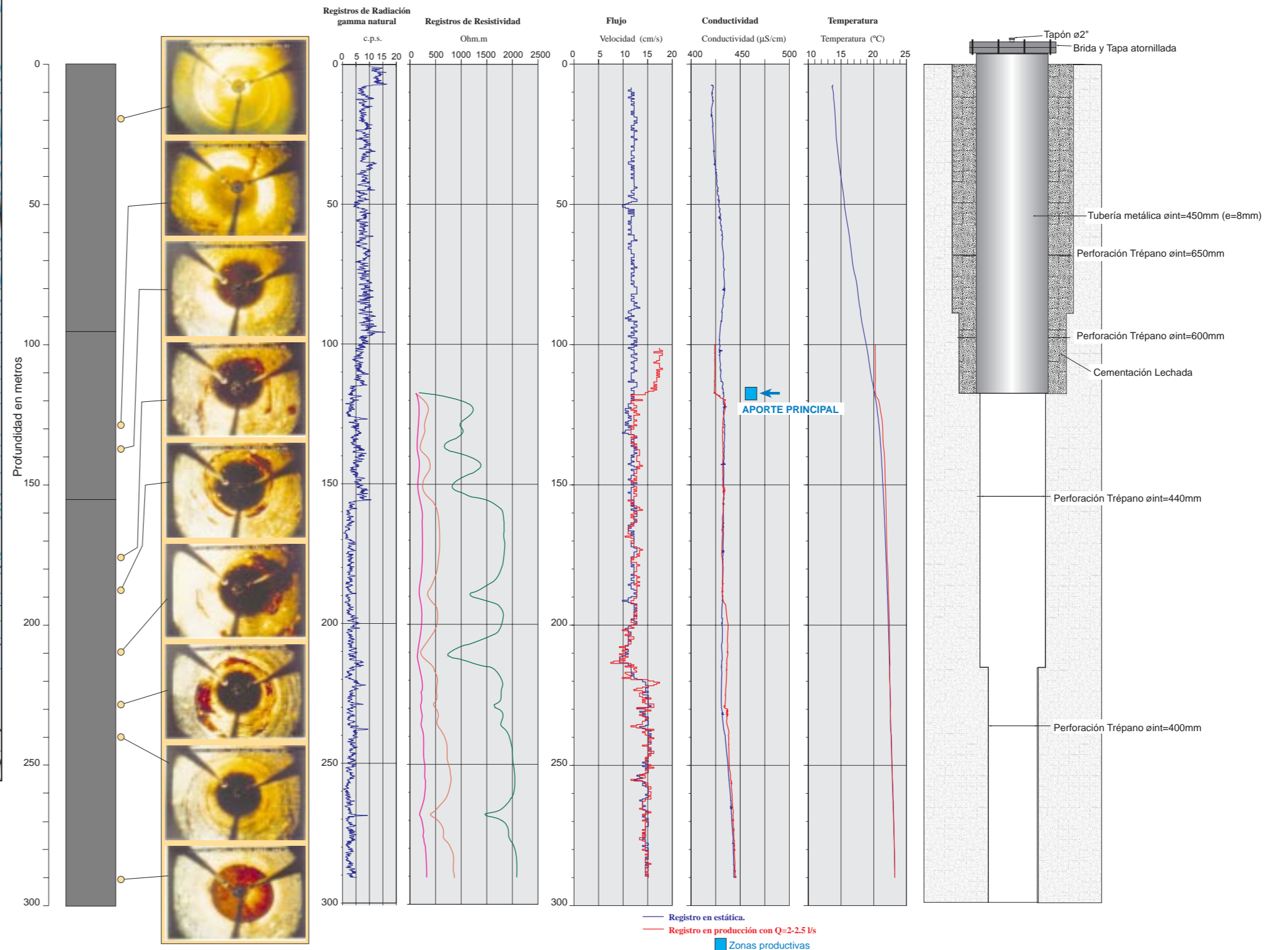


Emplazamiento sondeo OSMA-A y realización de las diagramas de producción



SONDEO OSMA-A

TESTIFICACION GEOFISICA



CONSTRUCCIÓN DEL SONDEO DE EXPLOTACIÓN OSMA-A

Enero 1999



DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES Y OBRAS PÚBLICAS
Dirección de Aguas