



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

ESTUDIO DE POSIBILIDADES DE APLICACION DE LA
INYECCION PROFUNDA PARA LA GESTION DE AGUAS
RESIDUALES URBANAS EN VILLAVICIOSO
(ASTURIAS).

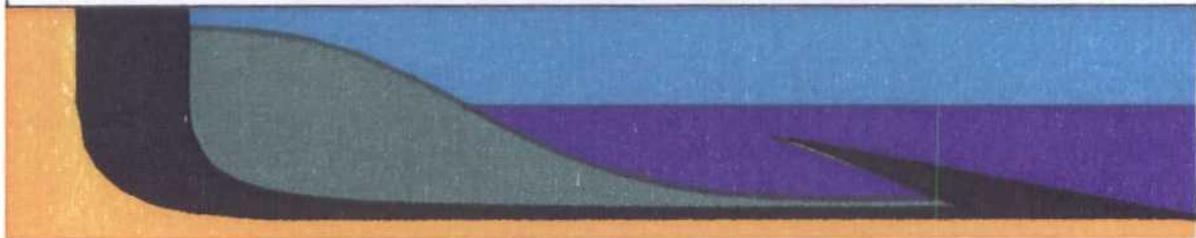
Madrid, Junio de 1.993



SECRETARIA GENERAL DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES
MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO

36256

***ESTUDIO DE POSIBILIDADES DE APLICACION
DE LA INYECCION PROFUNDA PARA LA
GESTION DE AGUAS RESIDUALES URBANAS
EN VILLAVICIOSA (ASTURIAS)***



INDICE

INDICE

1.-	INTRODUCCION	2
2.-	OBJETIVOS	4
3.-	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	6
	3.1.- Conclusiones	6
	3.2.- Recomendaciones	7
4.-	TRABAJOS REALIZADOS	9
5.-	MARCO HIDROGEOLOGICO	11
	5.1.- Niveles potencialmente utilizables	11
	5.2.- Modelo de inyección	11
6.-	UBICACION DEL SONDEO DE INVESTIGACION INYAST-1	14
	6.1.- Inventario	15
	6.2.- Posibles emplazamientos	16
	6.3.- Situación del sondeo	18
7.-	PERFORACION DEL SONDEO INYAST-1	20
	7.1.- Perfil litológico	21
	7.2.- Interpretación de los materiales cortados	27
	7.3.- Otros datos	28
8.-	ENSAYO DE BOMBEO	30
9.-	ANALISIS QUIMICOS	36

1.- INTRODUCCION

1.- INTRODUCCION

Durante 1991-92, el Instituto Tecnológico Geominero de España realizó el "Estudio de las posibilidades de utilización de estructuras geológicas profundas para la eliminación de residuos industriales y urbanos. 2ª fase. Areas costeras de Asturias y zonas industriales de Zaragoza y Tarragona. 1990-1991".

En las conclusiones del informe dedicado a la zona costera asturiana, se indican ciertas zonas donde, a priori, se cumplen las condiciones para poder desarrollar la tecnología de "emisarios geológicos submarinos".

La inyección, en estos casos, podría suponer un importante ahorro en la inversión del plan de saneamiento correspondiente. No obstante, la geología asturiana es complicada por lo que, en todos los casos, se aconseja una investigación complementaria que resuelva las dudas que se plantean y supla la falta de conocimiento del subsuelo profundo en dichas áreas.

Por ello se firmó, entre la Consejería de Medio Ambiente y Urbanismo del Principado de Asturias y el ITGE, un convenio específico para el estudio de posibilidades de aplicación de la inyección profunda para la gestión de aguas residuales urbanas en Villaviciosa (Asturias).

En el presente Informe se indican los trabajos realizados, los datos y conclusiones obtenidos y las recomendaciones para llevar a cabo una operación de Inyección Profunda.

2.- OBJETIVOS

2.- OBJETIVOS

El principal objetivo del Proyecto es evaluar las posibilidades de aplicación de la Inyección Profunda a la gestión de las aguas residuales en el área de la ría de Villaviciosa (Asturias).

Para ello era necesario comprobar el cumplimiento de las cuatro condiciones **necesarias y suficientes** que se impone a este tipo de operaciones:

- * Existe una formación geológica capaz de recibir el residuo.
- * Existe una formación geológica que puede mantener el residuo separado del medio ambiente el tiempo que se estime necesario.
- * Las condiciones de confinamiento no cambian con la Inyección.
- * No se hipotecan recursos más importantes.

Se pretendía pues conocer:

- Espesor de la formación favorable.
- Características hidráulicas de la formación favorable.
- Espesor de la formación confinante.
- Características de estanquidad de la formación confinante.
- Características químicas del agua contenida en la formación favorable para descartar un hipotético uso para abastecimiento.

3.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1.- Conclusiones

- Existe, en toda la banda costera asturiana comprendida entre EL PUNTAL (Villaviciosa) y GIJON, una formación carbonatada transmisiva, la formación Gijón que presenta en el punto ensayado mediante el sondeo, excelentes características hidrodinámicas y de capacidad para recibir grandes cantidades de aguas residuales urbanas. La potencia es superior a 200 m. Se desecha la margen derecha de la ría, al menos hasta la localidad de Sta. Mera por no darse en esta zona las condiciones de confinamiento necesarias.
- Existe, en la misma zona, una formación constituida básicamente por una alternancia de calizas y margas, en bancos de poca potencia, la formación Rodiles, que constituye una eficaz barrera confinante para impedir la migración vertical de las aguas residuales. Su potencia es superior a los 180 m.
- Dadas las buenas características hidráulicas de la formación objetivo, se podrían inyectar grandes caudales sin necesidad de grandes presiones por lo que no afectarían en absoluto a la integridad de las formaciones.
- Los análisis efectuados a las muestras extraídas durante el ensayo de bombeo demuestran que, en la zona, el contenido salino es muy alto, superior a 6.000 ppm en Cl⁻ y con un total de sales disueltas superior a 9000 mg/l. Esto nos indica, que las aguas subterráneas de esta formación en las proximidades del sondeo no son aptas para ningún uso, confirmando las expectativas de la anterior fase del proyecto.

Se pueden pues ubicar operaciones de Inyección Profunda de aguas residuales urbanas en toda el área costera citada, no existiendo, en principio, limitaciones en cuanto a caudales se refiere.

Dado que, dentro de la zona, los sondeos se pueden ubicar en los sitios más convenientes, las operaciones podrían realizarse agrupando núcleos urbanos o de forma independiente. Por ejemplo, Tazones podría tener su pequeño sistema de inyección independiente. Para ello bastaría un solo sondeo de pequeño diámetro (nunca inferior a 200 m.m.)

3.2.- Recomendaciones

- Una vez decidida una operación de inyección determinada, el programa de perforación del sondeo de inyección, debe diseñarse de forma que permita aprovechar al máximo la favorabilidad de la formación receptora.
- Durante la construcción del sistema de inyección se utilizarán materiales (tuberías, cementaciones, etc) que aseguren en todo momento la integridad del sondeo.
- Se debe extraer de la perforación todos aquellos datos indispensables para los estudios y ensayos complementarios (compatibilidad, características hidráulicas, litológicas, etc.).
- El proyecto debe contemplar el diseño del sistema de control para la operación continuada de la inyección y la realización del correspondiente manual de operación.

4.- TRABAJOS REALIZADOS

4.- TRABAJOS REALIZADOS

Para la consecución de los objetivos indicados anteriormente, se realizaron los siguientes trabajos:

- * UBICACION DEL SONDEO DE INVESTIGACION INYAST-1.
Reconocimiento de campo con el fin de obtener la óptima ubicación del sondeo.
- * PERFORACION DEL SONDEO
- * ENSAYO DE BOMBEO
- * ANALISIS DE MUESTRAS
- * INTERPRETACION DE DATOS
- * INFORME FINAL

5.- MARCO HIDROGEOLOGICO

5.- MARCO HIDROGEOLOGICO

La cuenca Mesozoica-Terciaria presenta, en sus niveles del Jurásico, una zona a priori utilizable para la inyección de residuos. En concreto, el sector Gijón-Villaviciosa es el que tiene una mayor continuidad lateral, apenas distorsionada por una suave tectónica. Los acuíferos de esta zona contienen agua dulce, en general apta para el consumo humano y aprovechamiento agrícola e industrial. Este factor limita la aplicabilidad de la inyección mediante sondeos profundos a emplazamientos situados sobre la línea de costa, desde los que sean alcanzables los dominios saturados de agua salada. A pesar de este condicionante, muy restrictivo desde el punto de vista geográfico, la inyección profunda no pierde interés como alternativa dentro del marco general de la gestión de aguas residuales, debido a que en esta zona se asientan núcleos urbanos e industriales de gran importancia en la región.

En el área de estudio los niveles transmisivos de interés son los correspondientes al Sistema Acuífero nº 1, o unidad mesozoica Gijón-Villaviciosa. La costa cantábrica, Franja móvil intermedia y los afloramientos del Trías Impermeable limitan geográficamente la extensión del Sistema. Un surco central de materiales triásicos independiza hidráulicamente al tercio suroccidental del resto del sistema, definiendo los subsistemas de Villaviciosa y Llantones.

5.1.- Niveles potencialmente utilizables

Dentro de la serie mesozoica, el nivel objetivo es la secuencia carbonatada del Lías. Los datos hidrogeológicos y estratigráficos existentes indican que este acuífero presenta transmisividad, potencia y extensión lateral suficientes para admitir volúmenes importantes de fluido. Por otra parte, la existencia de dos niveles adyacentes de baja permeabilidad (Trías y ritmitas), aporta el confinamiento vertical necesario para la protección de los dominios superficiales.

Los niveles inferiores del Jurásico (Fm Gijón y Fm Rodiles) constituyen la base geológica del sistema de inyección, aportando almacén y confinamiento, respectivamente. Su continuidad y uniformidad de potencia son factores clave para garantizar la viabilidad de la inyección.

5.2.- Modelo de inyección

Los datos geológicos disponibles indican la existencia de un nivel permeable (almacén) con características hidráulicas, potencia y extensión lateral, a priori favorables para aceptar la inyección de

caudales importantes de fluido, en los niveles jurásicos marinos de la cuenca Meso-Terciaria de Asturias. Se ha confirmado también la existencia de un nivel impermeable de la misma serie con potencia, continuidad y características confinantes adecuadas para aislar el tiempo suficiente los fluidos inyectados, evitando su migración vertical.

En la banda costera Gijón-Ribadesella serían factibles sistemas de inyección que utilizarán como nivel receptivo la serie calco-dolomítica del Lías calcáreo (Fm Gijón), almacén que permanecería confinado verticalmente por la serie impermeable de alternancia de margas y calizas del Lías Margoso (Rítmica de la Fm Rodiles).

La distribución habitual de niveles piezométricos en acuíferos en contacto con el dominio marino, con niveles progresivamente descendentes hacia la costa, forzaría a los efluentes inyectados a migrar en dirección al mar, alejándolos de los recursos de agua dulce y aportando una barrera de protección contra la intrusión.

En la figura 1 se observa la disposición de los afloramientos jurásicos en el entorno de la Ría de Villaviciosa. A partir de la punta de Rodiles, la cobertura se hace progresivamente más potente hacia el Este.

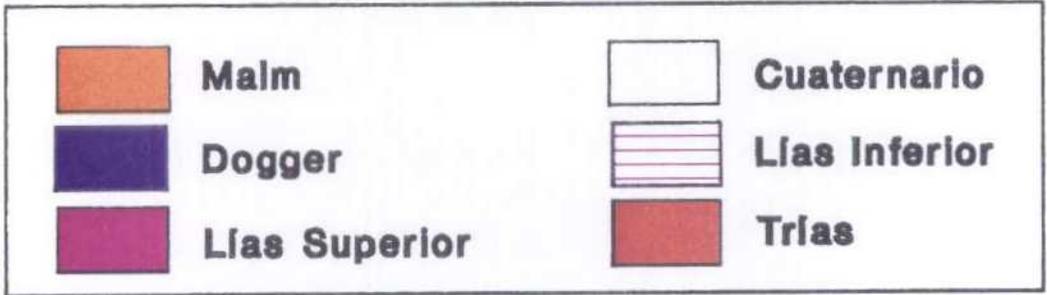
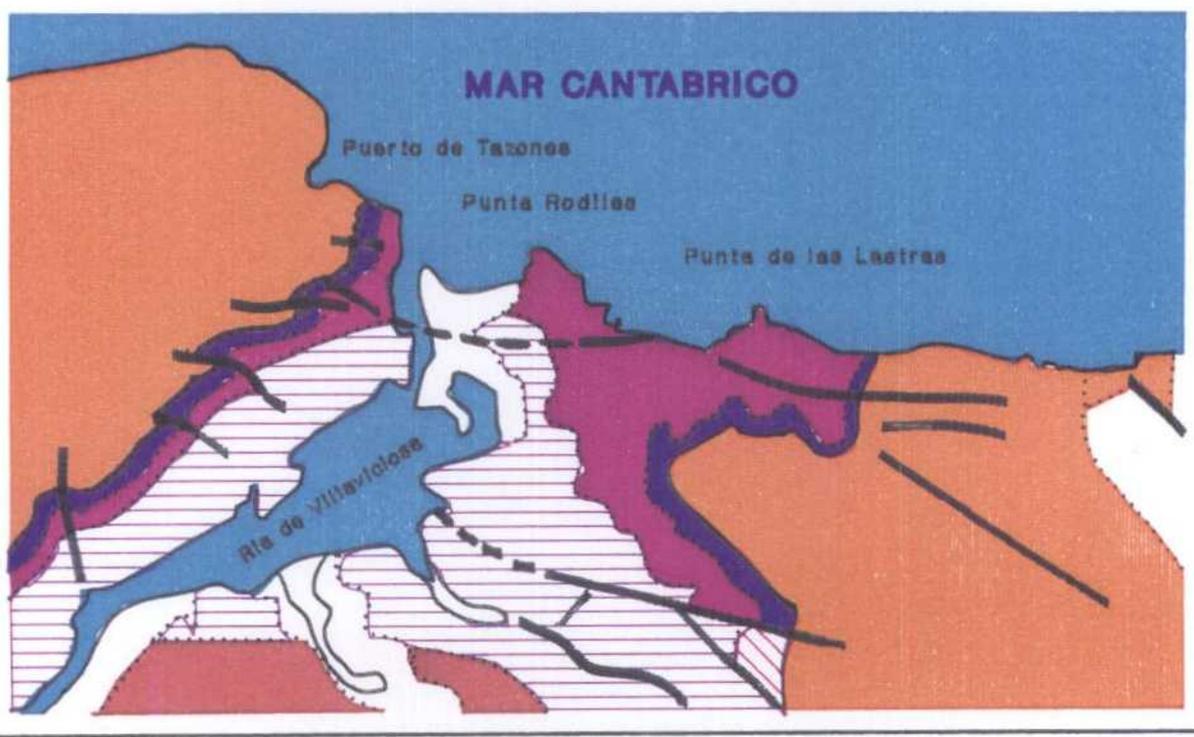


FIGURA-1

**6.- UBICACION DEL SONDEO DE INVESTIGACION
INYAST-1**

6.- UBICACION DEL SONDEO DE INVESTIGACION INYAST-1

Con el fin de obtener la mayor continuidad y calidad de los datos aportados por el sondeo de Investigación INYAST-1, se realizaron trabajos previos para la óptima ubicación del mismo.

Los trabajos se dirigieron principalmente a la localización de puntos favorables para el desarrollo de la investigación, realizándose brevemente un reconocimiento de las formaciones receptora y confinante, la observación de la disposición estructural e hidrogeológica de la zona y una revisión del inventario de puntos de agua, identificando aquéllos sondeos nuevos, no inventariados.

Para la valoración de los posibles emplazamientos se observaron, además de la existencia de una formación receptora adecuadamente confinada, los siguientes criterios:

- No interferencia con sondeos de captación utilizados para el abastecimiento de agua.
- Proximidad al mar.
- Disponibilidad de espacio suficiente y facilidad de acceso.
- Mayor adaptación, en la medida de lo posible, al Plan de Saneamiento elaborado por el Principado de Asturias.
- Utilidad futura de la obra.

El reconocimiento de campo se extendió alrededor de la bocana de la ría de Villaviciosa, en una banda de 4,5 km de longitud por 1,5 km de anchura, comprendida entre los núcleos urbanos de Tazones y Santa Mera.

En ella se sitúan, además de los pueblos citados, los núcleos de El Puntal, Rodiles y Villar, entre los que existe una notable dispersión de casas diseminadas por las zonas de relieve más suave. En la bocana de la ría se sitúan también el puerto de El Puntal y la playa de Rodiles que perciben una notable afluencia turística durante los meses de verano.

El relieve topográfico presenta variaciones que superan los 100 m de desnivel en zonas muy próximas a la costa, con escasez de terrenos llanos, y predominio de los acantilados altos, a excepción del entorno de la playa de Rodiles.

En general hay abundancia de caminos que permiten acceder a vehículos ligeros todo-terreno

a la mayor parte de las zonas, si bien, el paso de camiones y maquinaria pasada requiere su acondicionamiento previo en la mayoría de los casos.

6.1.- Inventario

Tras la revisión del inventario de puntos de agua del ITGE y las visitas de campo, han podido situarse los principales sondeos existentes en la zona de estudio. La información disponible sobre ellos no es completa y a menudo, procedente de informaciones orales con vecinos de la zona, pero permite identificar aquellos que captan agua de las calizas de la formación Gijón. Los sondeos identificados son los siguientes (Figura-2):

- nº1.- de abastecimiento a Rodiles y a pequeños núcleos del concejo. Está situado directamente sobre las calizas de la formación Gijón, a escasos metros de la ría. Según los técnicos del Ayuntamiento de Villaviciosa, alcanza una profundidad de 40 m y tiene su bomba situada a unos 35 m de profundidad. Soporta bombeos intensivos durante todo el año, de caudales comprendidos entre 10 y 15 l/s. A pesar de su proximidad y conexión con el agua de la ría, el agua captada es de buena calidad.
- nº2.- inventariado bajo la denominación de "sondeo de gran caudal". Capta también las calizas de la formación Gijón, atribuyendosele caudales próximos a los 10 l/s, no confinados. Según comunicaciones orales, la calidad del agua es deficiente con notable contenido en sulfatos.
- nº3.- de abastecimiento de un particular en Santa Mera. El pozo está bien acabado y en servicio. Según los vecinos supera los 100 m de profundidad, por lo que captaría también las calizas liásicas de la formación Gijón.
- nº4.- de abastecimiento a Santa Mera, capta niveles permeables del Purbeck con caudales sensiblemente inferiores a los anteriores.
- nº5.- de abastecimiento, en las proximidades de Tazones. Perforado por el ITGE, alcanza 104 m de profundidad y está acabado en el Purback, no habiendo atravesado materiales del Jurásico Marino.

6.2.- Posibles emplazamientos

La preferencia de situar el sondeo de investigación junto a la línea de costa para evitar la posible presencia de agua dulce en la formación receptora, junto con las características topográficas y de accesos, fueron los factores guía durante una primera selección de cuatro posibles emplazamientos. Tres de ellos están situados sobre el lado Este de la ría de Villaviciosa, más próximos a la situación prevista para el emisario submarino en el Proyecto de Saneamiento. Sus situaciones respectivas se han señalado sobre la figura-2.

Tras un posterior reconocimiento de la geología del área y de cada uno de los emplazamientos, se ha realizado la siguiente evaluación:

Emplazamiento 1.- Punto de inicio del emisario submarino proyectado. El lugar se sitúa geológicamente en las proximidades de la zona de charnela de un suave anticlinal que tiene su núcleo en la ensenada delimitada por las puntas de Rodiles, y la de Las Lastras. Dada esta disposición estructural, el espesor de confinamiento bajo el mar es muy escaso en esta zona, pudiendo llegar a alforar el almacén a muy poca distancia de la ribera. Así mismo se ha detectado una falla normal que atraviesa la ría a la altura de la plaza de Rodiles, desde las proximidades del puerto de El Puntal hasta unos 20 o 30 m al Este del emplazamiento.

Un sondeo ubicado en este punto quedaría sobre el bloque elevado de la falla, por lo que probablemente no la atravesaría.

El lugar tiene fácil acceso, dispone de terreno suficiente para las labores del sondeo y cuenta con gran facilidad para la toma de agua de mar, y descarga de fluidos extraídos durante la perforación y los ensayos.

La perforación en este punto se vería favorecida por un notable ahorro de metros perforados en la formación confinante lo que facilitaría el empleo de mayores diámetros a lo largo de la formación receptora. Su situación en el lugar proyectado para el inicio del emisario aportaría datos en un punto de indudable interés. Sin embargo, la escasa potencia de confinamiento y la incertidumbre de su continuidad a escasos metros de distancia, junto con la proximidad de la falla mencionada, hacen que no existan condiciones para una inyección segura. Adicionalmente debe considerarse su proximidad al

sondeo de abastecimiento nº1 (aproximadamente 750 m) y la posibilidad de introducir perturbaciones en este punto de captación que tiene actualmente una gran importancia local.

Emplazamiento 2.- Arroyo de Villar. Se encuentra a una distancia de unos 1000 m del anterior, en dirección E-SE, en la parte baja de un barranco por el que discurre un pequeño arroyo, en las proximidades de la aldea de Villar. Existe un camino de acceso de pronunciada pendiente que requiere acondicionamiento para el paso de camiones. La accesibilidad al mar para bombeo de agua salada y para descargas es buena.

Su situación coincide aproximadamente con la culminación de la estructura anticlinal mencionada anteriormente por lo que la formación almacén alcanza en este punto su zona más alta. Si bien su posición está suficientemente alejada de accidentes tectónicos y de sondeos de captación del acuífero llásico, la incertidumbre sobre la existencia de confinamiento bajo el mar, a escasa distancia, hace que no puedan confinarse las condiciones para una inyección segura. En el tramo de costa coincidente con el final del arroyo, se observa claramente el afloramiento de las calizas del Mb Buerres, situado inmediatamente encima del almacén, cuya potencia no supera los 20 metros.

Emplazamiento 3.- Acantilado oeste de la Punta de Lastras. Situado a unos 800 m al NO de Santa Mera, sobre el acantilado, en las proximidades del antiguo punto de extracción de ocle. El paraje es amplio tiene muy buen acceso desde el pueblo de Santa Mera, siendo mínimas las necesidades de acondicionamiento de los caminos. Su cota sobre el nivel del mar es de 75 a 80 m, del que está separado por un abrupto acantilado, por lo que podrían presentarse dificultades para bombeo de agua.

Aunque un sondeo en este punto atravesaría totalmente la ritmita de la formación Rodiles, se mantendría la proximidad a un posible afloramiento submarino del almacén, por lo que no está garantizada la seguridad del emplazamiento. Debe considerarse además, el aumento de distancia a la ría y a las obras de infraestructura de saneamiento proyectadas.

Emplazamiento 4.- Finca sobre la margen Oeste de la ría, al Norte de El Puntal. Se trata del emplazamiento más favorable de los cuatro desde el punto de vista geológico. Se encuentra entre la carretera de El Puntal a Tazones y la margen Oeste de la ría, a escasa distancia de la urbanización "Gema de Mar". En esta zona, coincidente con el contacto JURásico Marino-Purbeck, está presente la totalidad de la serie confinante que adquiere progresivamente mayor profundidad en dirección al mar. El acceso a este emplazamiento se realiza a través de un camino que no necesita grandes trabajos de

acondicionamiento. Se sitúa a unos 65 m de cota, sobre un canal lateral de la ría que pierde la mayoría de su superficie invadida por el mar durante el ciclo de bajar, por un tiempo aproximado de 4 horas.

Es importante resaltar la proximidad de este emplazamiento a una falla normal con bloque hundido hacia el sur y de pequeño salto (no cuantificado en el campo) que, aunque no sería atravesada por el sondeo, podría limitar lateralmente las características hidráulicas de las formaciones, alterando los datos obtenidos durante los ensayos.

6.3.- Situación del sondeo

La opción elegida, a la vista de los datos aportados, para la perforación del sondeo de investigación INYAST-1, es el emplazamiento 4, descartándose los situados en la margen derecha de la ría, principalmente por la elevada situación de la formación almacén.

Las coordenadas Lambert son:

X = 462.150

Y = 993.750

Cota aproximada (según plano topográfico E: 1/5.000) 76 m.s.n.m.

En la figura-2 se detalla la situación del punto.

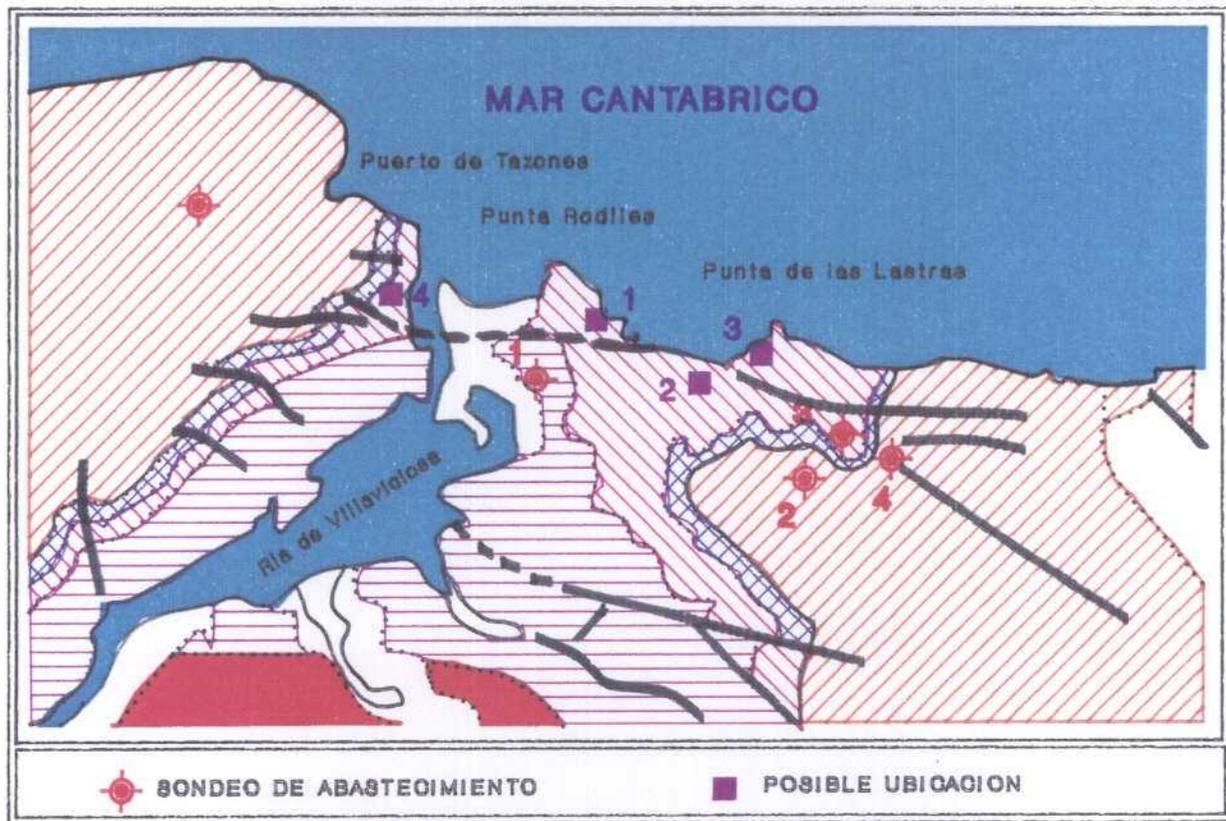


FIGURA-2

7.- PERFORACION SONDEO INYAST-1

7.- PERFORACION SONDEO INYAST-1

El sondeo se ha perforado mediante dos sistemas diferentes. Se inicio a rotopercusión mediante la máquina GOEMITASE 45. Se llegó al metro 194,9 con problemas en el arrestre de detritus por lo que se cambió de sistema, perforándose el resto, hasta 418,35 con extracción continua de testigo, mediante una máquina Long-Year 34.

Las características de diámetros de perforación y tuberías, profundidades, acabado, etc. son las indicadas en la figura-3.



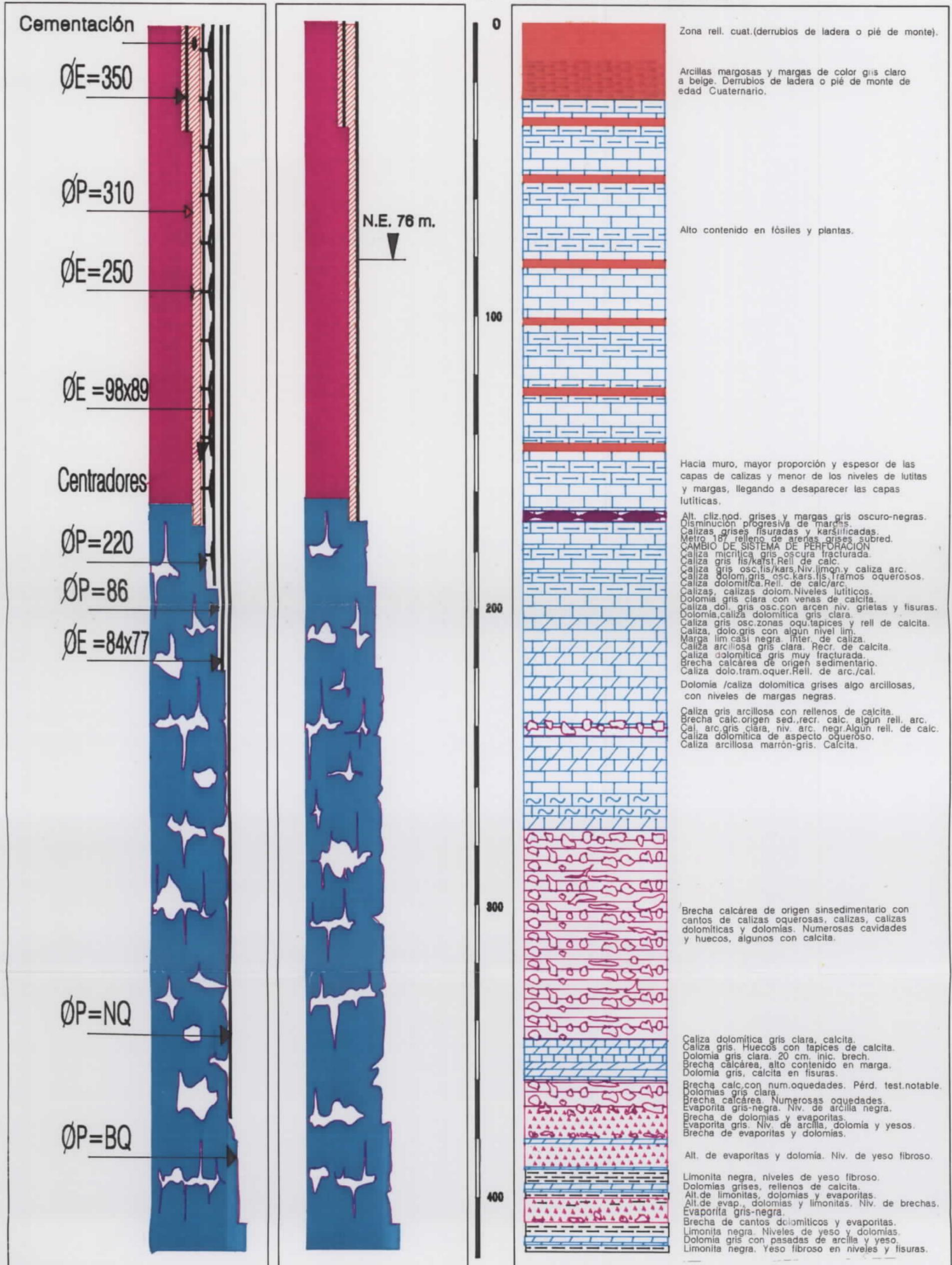
**Momento de la perforación
del sondeo**

ESQUEMA PERFORACION-ACABADO SONDEO INYAST-1

PERFORACION

ACABADO

m. COLUMNA LITOLOGICA



7.1.- Perfil litológico

m. 0-12: Arcillas beige con restos vegetales y suelo. Constituyen una zona de relleno (derrubio de ladera o pie de monte) de edad Cuaternario.

m. 12-26: Arcillas margosas y margas poco o nada compactas de color beige a gris claro; aumenta el contenido en marga hacia la base. Zona de relleno de edad Cuaternario.

m. 26-166: Alternancia rítmica de margas grises, calizas grises a negras y lutitas grises y marrones; las potencias de las capas varían desde algunos cm. a m., aumentando en proporción y espesor las capas de calizas hacia el muro y disminuyendo gradualmente las lutitas, que llegarán a desaparecer en el siguiente tramo; las margas también van disminuyendo en proporción y espesor. El contenido fosilífero es elevado: se encuentran belemnites, lamelibranchios (pectínidos, ostreidos, etc), braquiópodos, foraminíferos, ostrácodos, esporas y gran cantidad de pequeños fragmentos de equinodermos, briozoos, esponjas, gasterópodos y lamelibranchios de concha fina. Es frecuente la aparición de piritas, bien sea en pequeños agregados de cristales o en recubrimientos y tapizados de fósiles y estructuras orgánicas. Aparecen también icnofósiles, abundantes en determinados niveles.

m. 166-184: En contacto gradual, alternancia de margas y calizas nodulosas grises oscuras; el espesor de los bancos de caliza aumenta hacia muro, llegando a ser de escala métrica, mientras que las margas quedan reducidas a pequeños niveles que acaban por desaparecer casi en su totalidad, a partir del m. 173 aproximadamente. Los bancos de calizas aparecen karstificados y fisurados con algunas recristalizaciones de calcita. El contenido fosilífero disminuye, siendo escaso.

m. 184-194,90: Calizas grises, karstificadas y fisuradas con algunas recristalizaciones de calcita. En el metro 187 aparecen arenas cuarzosas de color beige-marrón grisáceo, redondeadas a subredondeadas, correspondientes probablemente a depósitos de relleno de algún conducto o cavidad kárstica; en los metros posteriores siguen apareciendo arenas pero en mucha menor cantidad, hasta que desaparecen. La aparición en estos últimos metros puede ser debida a contaminación procedente del m. 187.

m. 194,90-198,15: Caliza micrítica gris oscura, con zonas de grietas y fisuras con algún relleno de calcita y/o arcilla. Aparecen algunas muestras de circulación de agua en tramos.

m. 198,15-198,50: Caliza margosa gris-marronácea fracturada y karstificada.

m. 198,50-202,30: Caliza micrítica gris oscura fisurada y karstificada con grietas parcialmente rellenas de calcita y/o arcilla.

m. 202,30-202,65: Caliza margosa similar al del tramo 198,15-198,50.

m. 202,54-212,90: Caliza micrítica gris oscura con grietas y fisuras con algún relleno de calcita y/o arcilla. Niveles con muy alta karstificación y algún nivel arcilloso.

m. 212,90-213,00: Nivel limolítico algo margoso de color gris.

m. 213-213,35: Caliza gris oquerosa.

m. 213,35-214,40: Caliza dolomítica gris oscura fisurada y/o karstificada con algún relleno de arcillas negras.

m. 214,40-216,60: Caliza dolomítica-dolomía con fisuras rellenas de calcita y/o arcillas, aparecen niveles arcillosos.

m. 216,60-219,64: Calizas y calizas dolomíticas con cantos de calizas más arcillosas englobados. Niveles lutíticos.

m. 219,64-220,35: Dolomía gris clara con venas de calcita, niveles de arcillas grises y algún relleno (pocos) de arcilla.

m. 220,35-225,65: Caliza dolomítica gris oscura con arcilla (poca) en niveles, grietas y fisuras.

m. 225,65-226,60: Dolomía-caliza dolomítica gris clara con rellenos de calcita y arcilla. Aparecen cantos blandos englobados.

m. 226,60-231,30: Caliza gris oscura, en zonas con aspecto más oqueroso, con rellenos y tapices de calcita.

m. 231,30-233,45: Dolomía-caliza dolomítica gris oscura con cantos blandos y recristalizaciones de

calcita. Aparecen dos niveles de limolitas gris claras de unos 40 cm.

m. 233,45-234,45: Marga limosa casi negra con intercalaciones de caliza arcillosa.

m. 234,45-237,40: Caliza arcillosa, limolítica gris clara con laminación paralela. Recristalizaciones de calcita en grietas y cavidades.

m. 239,10-240,20: Brecha calcárea, de probable origen sinsedimentario con alto contenido en marga negra.

m. 240,90-242,20: Caliza dolomítica oquerosa, con rellenos de calcita y/o arcilla en grietas y fisuras.

m. 242,20-259,85: Dolomías, calizas dolomíticas grises algo arcillosas con calcita en grietas y fisuras. Niveles de margas negras. En zonas las calizas dolomíticas son más arcillosas. Laminación paralela y laminaciones de algas. Aparecen piritas.

m. 259,85-261,80: Caliza gris con recristalizaciones de calcita a tramos muy arcillosa. Posible presencia de evaporitas tapizando alguna grieta.

m. 261,80-265,75: Brecha calcárea, de sinsedimentario, con recristalizaciones de calcita y algún relleno arcilloso.

m. 265,75-270,05: Caliza arcillosa gris clara con niveles arcillosos negros y pirita. Aparece laminación paralela. Se encuentran marcas de circulación de agua y cavidades, algunas (pocas) con tapices de calcita.

m. 265,70-272,50: Caliza dolomítica gris oscura, de aspecto oqueroso, con bastantes huecos y cavidades, algunas rellenas de calcita. Niveles arcillosos.

m. 272,50-273,90: Caliza arcillosa marrón-gris con bandeado negro y tramos más arcillosos. Algunas cavidades con tapices de calcita.

m. 273,90-274,80: Caliza arcillosa de color marrón-grisáceo con tramos más arcillosos.

m. 274,80-347,90: Brecha calcárea, de origen sinsedimentario, con cantos de calizas oquerosas, calizas arcillosas, calizas dolomíticas y dolomías. El contenido en matriz arcillosa es variable. Aparecen numerosas cavidades y huecos de cantos; también se encuentran rellenos y tapices de calcita, en las cavidades y fisuras. Niveles de arcillas negras en general de poco espesor, que pueden llegar hasta los 15 cm, más abundantes a techo del tramo.

m. 347,90-350,70: Caliza dolomítica gris clara, con algunos huecos de disolución distribuidos de forma heterogénea. Calcita tapizando algunos huecos y en fisuras.

m. 350,70-351,50: Caliza gris con huecos de disolución, algunos de ellos tapizados de calcita. A tramos la caliza aparece dolomitizada.

m. 351,50-351,68: Brecha calcárea con alto contenido en marga negra, probable origen sinsedimentario.

m. 351,68-355,25: Dolomía gris clara.

m. 355,25-355,95: Brecha calcáreo-dolomítica con alto contenido en marga negra.

m. 355,95-356,15: Dolomía gris clara en la que aparecen pequeños niveles brechificados.

m. 356,15-358,10: Dolomías grises con algunas fisuras rellenas de calcita. Estructuras de deslizamiento.

m. 358,10-366,00: Brecha calcáreo-dolomítica con numerosos huecos de disolución. (Pérdidas de testigo notables en el tramo).

m. 366-366,60: Dolomía gris clara, poco fracturada y con escasos huecos.

m. 366,60-372,90: Brecha de cantos calizos y dolomíticos, aparecen huecos de disolución en algunos cantos, que les dan aspecto oqueroso, en general se observan numerosos huecos y se presenta bastante fracturada. Al final del tramo, el contenido en arcilla es mayor, sobre todo a partir del m. 371,85. (Pérdidas de testigo notables en el tramo).

m. 372,90-373,10: Dolomía gris oscura, algo arcillosa.

m. 373,10-373,74: Arcilla gris-negra.

m. 373,74-374,60: Evaporita (probablemente yeso o anhidrita) gris-negra. Estructuras de arrastre.

m. 374,60-377,50: Tramo de aspecto brechoide compuesto por dolomías grises oscuras y evaporitas grises (yesos o anhidrita, posiblemente). Aparecen niveles de poco espesor de yesos fibrosos blancos.

m. 377,50-378,60: Evaporita (yeso/anhidrita prob.) gris-negra, de dureza relativamente alta. Aparece pirita tapizando alguna cavidad. Estructuras de arrastre y de deslizamiento.

m. 378,60-379,20: Evaporitas (yesos/anhidritas) muy fracturadas con arcilla en cavidades y grietas. Niveles centimétricos de arcillas y niveles de yesos fibrosos intercalados. Aparecen estructuras de escape de fluidos.

m. 379,20-379,70: Dolomía negra en la que aparecen estructuras de arrastre y de deslizamiento.

m. 379,70-380,86: Alternancia de arcillas grises con niveles de yesos fibrosos y evaporitas (yeso/anhidrita) gris con arcillas en cavidades y grietas, la parte inferior del tramo presenta un aspecto más brechoide.

m. 380,86-383,04: Evaporita (yeso/anhidrita) gris, con yeso fibroso blanco, en niveles y grietas, presenta aspecto brechoide en la base.

m. 383,04-383,45: Dolomía gris con niveles milimétricos de arcillas negras y calcita en fisuras y grietas.

m. 383,45-384,60: Tramo de aspecto brechoide formado por yesos y dolomías, aparecen niveles milimétricos de arcillas negras y tapices de calcita en grietas y fisuras.

m. 384,60-385,10: Dolomía negra en la que aparecen niveles de yeso fibroso, estructuras de arrastre y de deslizamiento en la parte inferior del tramo.

m. 385,10-387,55: Evaporita (yeso/anhidrita) gris alternando con niveles limolíticos de 5 a 20 cm. Presenta pequeños niveles de yeso fibroso blanco intercalados.

- m. 387,55-390,10:** Evaporita (yeso/anhidrita) gris clara, con estructuras de arrastre, más abundantes en los primeros 30 cm.
- m. 390,10-392,40:** Dolomía gris oscura, algo arcillosa, con huecos de disolución de cantos. Grietas y fisuras con rellenos de yeso fibroso y calcita.
- m. 392,40-396,10:** Limolita negra con niveles de yeso fibroso y de arcillas negras.
- m. 396,10-399,00:** Dolomías grises con grietas y fisuras rellenas de calcita.
- m. 399,00-400,50:** Alternancia de limolitas grises, dolomías y niveles evaporíticos negros.
- m. 400,50-400,90:** Evaporita (yeso/anhidrita) gris oscuro, dureza relativamente alta. Estructuras de arrastre.
- m. 401,90-403,20:** Dolomía gris oscura, con yeso en fisuras, grietas y niveles milimétricos a centimétricos. Arcillas negras en grietas y fisuras.
- m. 403,20-405,55:** Alternancia de evaporitas negras (yesos/anhidritas), dolomías grises y limolitas. Aparecen estructuras de escape de fluidos.
- m. 405,55-407,50:** Evaporita (yeso/anhidrita) gris-negra con estructuras de arrastre. Dureza elevada.
- m. 407,50-408,10:** Dolomía marrón de aspecto oqueroso por presentar numerosas muestras de disolución de cantos. Aparece yeso fibroso blanco en grietas, fisuras y pequeños niveles.
- m. 408,10-410,15:** Brecha de cantos dolomíticos y evaporíticos.
- m. 410,15-413,50:** Limolitas negras con niveles de yesos fibrosos blanquecinos, numerosas estructuras de escape de fluidos. Algún nivel de dolomítico intercalado.
- m. 413,50-415,70:** Dolomía gris-negra con yeso fibroso en grietas y fisuras. Pasadas arcillosas de poco espesor.

m. 415,70-416,95: Dolomía marrón-grisácea con yeso fibroso en grietas, fisuras y pequeños niveles. Estructuras de escape de fluidos.

m. 416,95-418,35: Limolitas negras con yeso fibroso blanco en niveles, grietas y fisuras. Estructuras de escape de fluidos.

7.2.- Interpretación de los materiales cortados

Se interpreta que, desde el inicio del sondeo hasta el metro 166, la serie cortada corresponde a la parte superior del Conjunto Rodiles (llamado frecuentemente "rítmica", por su clara ritmicidad) y denominada, por algunos autores, miembro Santa Mera. Está representada, principalmente, por una alternancia rítmica de calizas, margas y lutitas. Edad Sinemuriense Superior-Bajociense.

Del m. 166 al m. 184 se atraviesa la parte inferior del conjunto Rodiles, y representa el paso gradual al Conjunto Gijón; dicho tramo es denominado, por algunos autores, miembro Buerres. Este tramo está compuesto por una alternancia de calizas nodulosas y margas. En él, hacia la base, va disminuyendo el contenido en margas, frente al aumento en espesor y frecuencia de los bancos calizos. Edad Sinemuriense.

Debido al tránsito gradual y a la dificultad de interpretación de las muestras obtenidas a rotoperCUSión, las profundidades citadas deben entenderse como datos aproximados.

La edad del Conjunto Rodiles ha sido descrita desde el Sinemuriense superior hasta el Bajociense.

Del m. 184 al 373 se corta la formación Gijón, en la que las litologías predominantes son calizas y dolomías. Cabe destacar los numerosos niveles de brechas de origen probablemente sinsedimentario. Podría estimarse que a partir del metro 260 comienza la aparición de evaporitas en grietas y tapices de los huecos de disolución, si bien se encuentran en su mayor parte disueltas. El paso al Trías se produce de forma gradual, a través del tramo llamado de transición.

La edad dada de la Formación Gijón es Hettangiense-Sinemuriense Inferior.

En el metro 373, aproximadamente, comienza la serie de transición con el Triásico, serie que continuará hasta el final del sondeo. Esta serie se caracteriza, en este caso, por la presencia de abundantes evaporitas, alternando con dolomías, con intercalaciones de limolitas y frecuentes estructuras de escapes de fluidos y de arrastre.

7.3.- Otros datos

Durante la perforación a rotoperusión se inyectaron en el sondeo 393 m³ de agua procedente de un manantial situado en las cercanías. Durante la perforación con extracción de testigo se inyectaron en el sondeo 504 m³ de agua procedente del mismo punto.

Se trató de testificar con anterioridad al ensayo de bombeo, encontrándose el sondeo obturado hacia el metro 220, probablemente por una capa menos competente. La sonda de registro se quedó en el sondeo por rotura del cable.

8.- BOMBEO DE ENSAYO

8.- BOMBEO DE ENSAYO

Se inició el bombeo el día 29 de Marzo a las 17,30 horas, en primer lugar con caudales escalonados de 6, 12 y 20 l/s y, tras un período de reposo, se bombeó a caudal constante de 20 l/s.

Los niveles, tiempos de bombeo y conductividades medidas en campo están indicadas en la tabla-1.

Dadas las características del sondeo el máximo caudal extraíble con las bombas del ITGE ha sido de 20 l/s. La elevada transmisividad de la formación ha impedido la observación del período transitorio lo que impide una evaluación de los coeficientes hidráulicos de la formación y del pozo.

No se preparó el ensayo para la evacuación de agua de alta salinidad por lo que no se ha podido realizar un bombeo de muy larga duración por inundación de campos cercanos.

Se ha detectado una gran influencia de las mareas por lo que, en primer lugar se procedió al análisis de las mismas con el fin de corregir sus efectos.

Para ello se ha dispuesto de los datos oficiales de mareas en el puerto de Gijón, corregidos a la Ría de Villaviciosa. Tenemos así:

Referencia de niveles: Bajamar escorada (según carta marina)

Corrección a Ría de Villaviciosa: Horario + 10 min.

 Pleamares + 1 cm.

FECHA	BAJAMAR		PLEAMAR		VILLAVICIOSA (m)	A (m)	I (m)
	Hora	m	Hora	m			
28/03/93	00:02	0,95	06:09	3,44	3,45	2,50	$\frac{377+387}{2} = 372$ $\frac{383+388}{2} = 385,5$ $\frac{388+385}{2} = 376,5$
	12:28	1,01	18:39	3,27	3,28	2,27	
29/03/93	00:45	1,15	06:54	3,26	3,27	2,12	
	13:16	1,19	18:33	3,07	3,08	1,89	
30/03/93	01:40	1,35	07:59	3,11	3,12	1,77	
	14:22	1,38	20:50	2,94	2,95	1,59	
31/03/93	02:55	1,49	08:27	3,07	3,08	1,59	
	15:51	1,40	22:25	2,99	3,00	1,80	
01/04/93	04:23	1,47	10:55	3,23	3,24	1,77	
	17:15	1,25	23:44	3,24	3,25	2,00	

Pleamar 29/03/93 a las 19:43 horas en Villaviciosa

Bajamar 30/03/93 a las 14:32 horas en Villaviciosa

$$C_m = \frac{1}{2} \sin (wt -)$$

C_m - Corrección de marea

W - Semilongitud de onda

- Desfase (0 en origen)

ENSAYO ESCALONADO (29/03/93)

$$WT = = w.372 = w_1 = 0,00845$$

$$(19:43) = 133 = 0,00845.133 -$$

$$wt - =$$

$$= -0,44759 \text{ DESFASE REAL SINUSOIDE}$$

$$= \frac{1,89+1,73}{2} = 1,81 \text{ AMPLITUD REAL DE LA OSCILACION EN EL SONDEO}$$

BOMBEO (30/03/93)

$$wt = \quad w_2 = 0,00815$$

$$(14:23) = 323 \\ = -2,08013$$

$$wt - =$$

$$= \frac{1,76+1,59}{2} = 1,68$$

RECUPERACION

$$w_3 = 0,0834 \\ (21:00) = 440 \\ = 2,10065$$

$$A_3 = 1,515$$

Se traza de este modo el gráfico de la Figura 4 donde se representa la oscilación de las mareas en la ría de Villaviciosa durante el ensayo de bombeo.

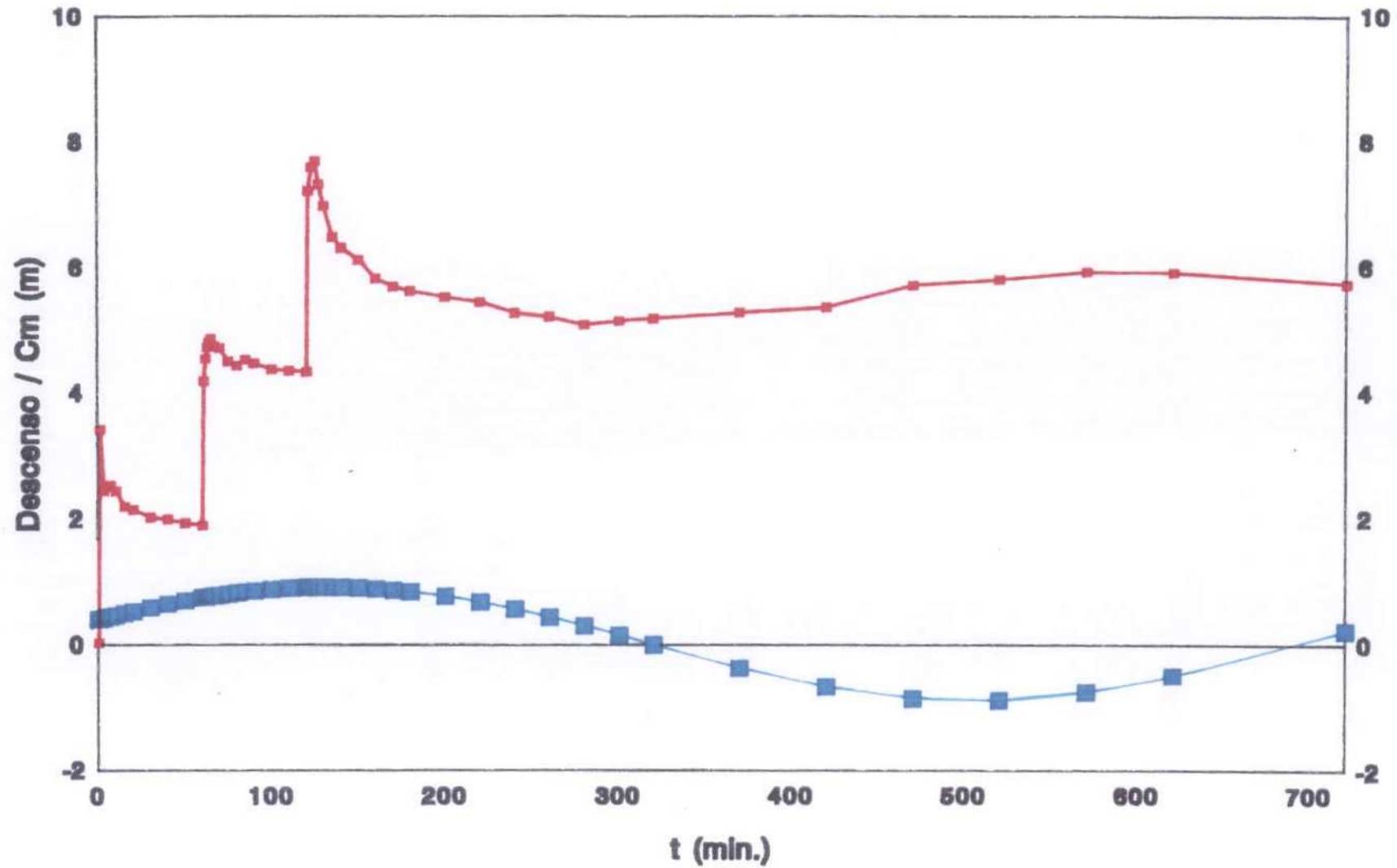
En el mismo se representa la curva de descensos reales obtenidos en el sondeo. Se observa que, a partir de un tiempo de bombeo, la curva de descensos muestra una oscilación muy similar a la de la curva de mareas pero desplazada en el tiempo. Este desfase obtenido gráficamente es de aproximadamente 70 minutos.

El gráfico de la Figura 5 representa los descensos corregidos, obtenidos como diferencia de la curva de descensos reales y la curva de oscilación de mareas corregida de forma que, al multiplicarla por un coeficiente de 0,5 (obtenido por tanteo), la curva de diferencia entre descensos reales y ésta de un final plano, lo que implica la desafección de la marea.

De estos cálculos podemos obtener la corrección de mareas para cada nivel.

$$C_m = K \frac{\quad}{2} \text{sen}(wt - \quad)$$

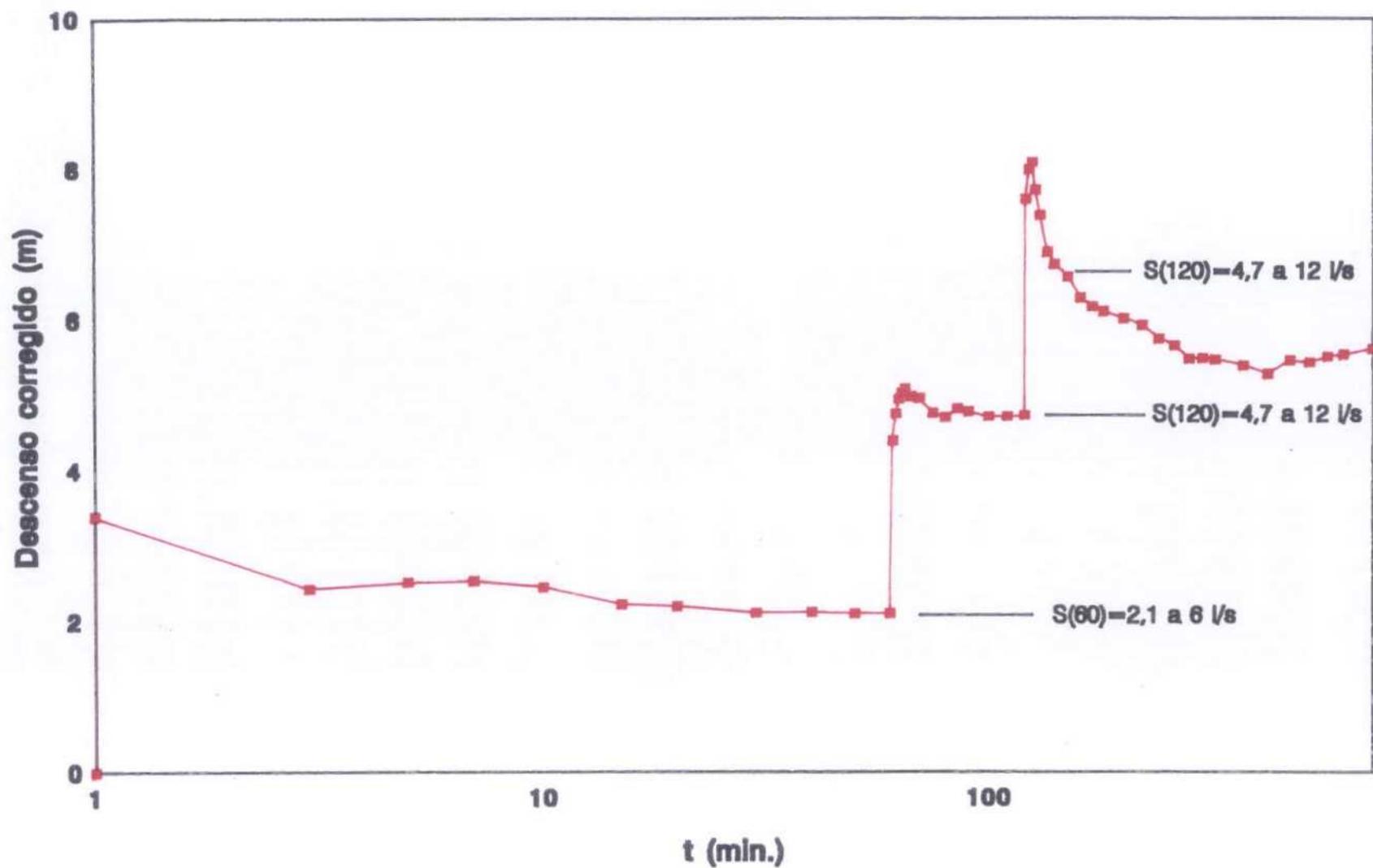
DESCENSOS MEDIDOS/MAREAS



—■— DESCENSO —■— MAREA

Figura 4

ETAPA DE DESCENSO (datos corregidos)



—■— DESCENSO CORREGIDO

FIGURA-5

DATOS DEL BOMBEO DE ENSAYO A CAUDAL ESCALONADO

A1 =	1,81	A2 =	1,88
K1 =	0,5	K2 =	0,5
W1 =		W2 =	
0,00845		0,00815	
I1 =		I2 =	
-0,44759		-2,08013	
D1 =	70	D2 =	70

FECHA	HORA	L	NIVEL	DESC	CONDUCT.	VOL. UN.	OBSERVACIONES	MAREA	Cm	NIVEL	DESCEN
39-MARZO-93	17:30	0	77,65	0		0	Nivel est. Q = 6 l/s	0,3917	-0,6049	77,59	0
	17:31	1	81,05	3,40	1900	0,36		0,3986	-0,0611	80,99	3,40
	17:33	3	80,07	2,42	2300	1,08		0,4122	-0,0535	80,02	2,43
	17:35	5	80,15	2,50	2500	1,80		0,4258	-0,0459	80,10	2,52
	17:37	7	80,16	2,51	2920	2,52		0,4392	-0,0383	80,12	2,54
	17:40	10	80,07	2,42	25000	3,60		0,5491	-0,0269	80,04	2,46
	17:45	15	79,82	2,17	29000	5,40		0,4917	-0,0078	79,81	2,23
	17:50	20	79,77	2,12	29000	7,20		0,5233	0,1014	79,78	2,20
	18:00	30	79,65	2,00		10,80		0,5838	0,0495	79,70	2,11
	18:10	40	79,62	1,97	31000	14,40		0,6401	0,0873	79,71	2,12
	18:20	50	79,56	1,91	31000	18,00		0,6918	0,1244	79,68	2,10
	18:30	60	79,52	1,87	30000	21,60		0,7385	0,1607	79,68	2,10
	18:37	61	81,81	4,16	29500	22,32		0,7429	0,1643	81,97	4,39
	18:40	62	82,17	4,52		23,04		0,7473	0,1678	82,34	4,75
	18:45	63	82,36	4,71	27000	23,76		0,7516	0,1714	82,53	4,95
	18:50	64	82,44	4,79		24,48		0,7558	0,1749	82,61	5,03
	18:55	65	82,50	4,85	28500	25,20		0,7600	0,1784	82,68	5,09
	19:00	67	82,38	4,73	27500	26,64		0,7682	0,1854	82,57	4,98
	19:10	70	82,35	4,70		28,80		0,7801	0,1958	82,55	4,96
	19:20	75	82,13	4,48	28000	32,40		0,7987	0,2129	82,34	4,76
	19:30	80	82,06	4,41	28500	36,00		0,8160	0,2296	82,29	4,70
	19:31	85	82,16	4,51	28500	39,60		0,8318	0,2458	82,41	4,82
	19:33	90	82,10	4,45	28000	43,20		0,8461	0,2617	82,36	4,78
	19:40	100	82,00	4,36	28000	50,40		0,8702	0,2919	82,29	4,71
	19:50	110	81,98	4,33	28000	57,60		0,8881	0,3200	82,30	4,71
	19:50	120	81,98	4,31	25000	64,80		0,8996	0,3459	82,31	4,72
	19:51	121	84,84	7,19		66,00		0,9004	0,3483	85,19	7,60
	19:53	123	85,22	7,57	22000	68,40		0,9018	0,3532	85,57	7,99
	19:55	125	85,32	7,87		70,80		0,9030	0,3579	85,68	8,09
	19:57	127	84,95	7,30	22500	73,20		0,9039	0,3626	85,31	7,73
	19:58	130	84,61	6,96	22000	76,80		0,9047	0,3693	84,98	7,39
	19:59	135	84,11	6,46	22000	82,80		0,9049	0,3800	84,49	6,90
	20:00	140	83,94	6,29	21600	88,80		0,9034	0,3900	84,33	6,74
	20:05	150	83,75	6,10	21000	100,80		0,8956	0,4080	84,16	6,57
	20:10	160	83,45	5,80	19500	112,80		0,8814	0,4231	83,87	6,29
	20:20	170	83,32	5,67	19000	124,80		0,8609	0,4351	83,76	6,17
	20:30	180	83,25	5,60	18500	136,80		0,8343	0,4440	83,69	6,11
20:50	200	83,15	5,50	18500	160,80		0,7835	0,4524	83,60	6,02	
21:10	220	83,07	5,42	18000	184,80		0,6709	0,4478	83,52	5,93	
21:30	240	82,90	5,25	18000	208,80		0,5592	0,4305	83,33	5,75	
21:50	260	82,84	5,19	17000	232,80		0,4315	0,4009	83,24	5,66	
22:10	280	82,71	5,06	16000	256,80		0,2915	0,3599	83,07	5,48	
22:30	300	82,77	5,12	15000	280,80		0,1433	0,3086	83,08	5,49	
22:50	320	82,81	5,16	15000	304,80		-0,0090	0,2585	83,08	5,47	
23:40	370	82,90	5,25	14500	384,80		-0,3793	0,0716	82,97	5,39	
30-MARZO-93	00:30	420	82,98	5,33	14000	424,80		-0,6829	-0,1179	82,86	5,28
	01:20	470	83,33	5,68	13500	484,80	Marea baja 01:50	-0,8664	-0,2866	83,04	5,46
	02:10	520	83,42	5,77	14000	544,80		-0,8975	-0,4050	83,01	5,43
	03:00	570	83,55	5,90	14000	604,80	desfase 70 min	-0,7707	-0,4521	83,10	5,51
	03:50	620	83,54	5,89	13000	664,80		-0,5085	-0,4198	83,12	5,54
	05:30	720	83,36	5,71	13500	784,80		0,2225	-0,1522	83,21	5,62

TABLA-1

A1 = 1,81 A2 = 1,68
 K1 = 0,5 K2 = 0,5
 w1 = 0,00845 w2 = 0,00815
 f1 = -0,44759 f2 = -2,08013
 D1 = 70 D2 = 70

DATOS DEL BOMBEO DE ENSAYO A CAUDAL CONSTANTE

FECHA	HORA	t (min)	NIVEL (m)	DESCENSO (m)	CONDUCTIVIDAD (µm/cm)	VOLUMEN BOMBEO (m ³)	OBSERVACIONES	MAREA (m)	Qm (m)	NIVEL CORREGIDO (m)	DESCENSO CORREGIDO (m)
30-MARZO-93	09:00	0	77,21	0		0	Arranque a Q= 20 Vs	0,7334	0,4192	77,94	0
	09:01	1	81,32	4,11	18000	1,2		0,7300	0,4194	82,05	4,11
	09:03	3	81,64	4,43	34000	3		0,7231	0,4197	82,36	4,42
	09:05	5	81,62	4,41	32000	6	Desfase = 70 min.	0,7161	0,4199	82,34	4,39
	09:07	7	81,65	4,44	29000	8,4		0,7088	0,4200	82,36	4,42
	09:10	10	81,68	4,47	25000	12		0,6976	0,4199	82,38	4,43
	09:15	15	81,69	4,48	23000	18		0,6980	0,4192	82,37	4,42
	09:20	20	91,89	4,48	17000	24		0,6572	0,4178	82,35	4,40
	09:30	30	81,60	4,39	15000	36		0,6124	0,4130	82,21	4,27
	09:40	40	81,65	4,44	14000	48		0,5836	0,4045	82,21	4,27
	09:50	50	81,61	4,40	14000	60		0,5110	0,3951	82,12	4,18
	10:00	60	81,65	4,44	13500	72		0,4550	0,3821	82,11	4,16
	10:20	80	81,60	4,39	13000	96		0,3344	0,3488	81,93	3,99
	10:40	100	81,60	4,39	12500	120		0,2049	0,3062	81,80	3,86
	11:00	120	81,65	4,44	12000	144		0,0700	0,2555	81,72	3,78
	11:20	140	81,71	4,50	12000	160		-0,0667	0,1980	81,64	3,70
	11:40	160	81,77	4,56	12500	192		-0,2017	0,1353	81,57	3,62
	12:00	180	81,66	4,65	12500	216		-0,3314	0,0690	81,53	3,59
	12:20	200	81,89	4,66	12500	240		-0,4523	0,0008	81,44	3,49
	13:10	250	82,18	4,97	13000	300		-0,6958	-0,1657	81,48	3,54
13:40	280	82,41	5,20	13000	336	Parada bomba	-0,7890	-0,2542	81,62	3,60	

A3 = 1,515
 K3 = 0,5
 w3 = 0,0081
 f3 = 2,10065
 D3 = 70

DATOS DE LA RECUPERACION

FECHA	HORA	t (min)	NIVEL (m)	RECUPERACION (m)	OBSERVACIONES	MAREA (m)	Qm (m)	NIVEL CORREGIDO (m)	RECUPERACION CORREGIDA (m)
30-MARZO-93	13:40	0	82,41	0	Nivel dinámico final	-0,6536	-0,1729	82,24	0
	13:41	1	77,62	4,79		-0,6567	-0,1756	77,44	4,79
	13:43	3	78,03	4,38		-0,6627	-0,1810	77,85	4,39
	13:45	5	78,02	4,39		-0,6686	-0,1864	77,83	4,40
	13:47	7	78,02	4,39		-0,6743	-0,1917	77,83	4,41
	13:50	10	78,00	4,41		-0,6825	-0,1996	77,80	4,44
	13:55	15	77,89	4,42		-0,6952	-0,2124	77,78	4,46
	14:00	20	77,95	4,46		-0,7068	-0,2250	77,73	4,51
	14:10	30	77,94	4,47		-0,7265	-0,2489	77,69	4,55
	14:20	40	77,93	4,40		-0,7415	-0,2712	77,66	4,58
	14:30	50	77,94	4,47		-0,7516	-0,2917	77,65	4,59
	14:40	60	77,99	4,42		-0,7568	-0,3103	77,68	4,56
	15:00	80	78,00	4,41		-0,7522	-0,3412	77,66	4,58
	15:20	100	78,05	4,36		-0,7280	-0,3633	77,69	4,55
	15:40	120	78,09	4,32		-0,6847	-0,3758	77,71	4,52
	16:00	140	78,10	4,31		-0,6234	-0,3785	77,72	4,52
	17:50	250	78,06	4,35		-0,0573	-0,2270	77,83	4,40
	19:55	375	77,91	4,50		0,6103	0,1369	78,05	4,19
	31-MARZO-93	02:40	780	78,45	3,96		-0,6666	-0,1845	78,27

ETAPA DE DESCENSO (datos medidos)

$V_{csg} = \text{Volumen "casing"}$
 $V_{240} = \text{Volumen hasta m. 240}$
 $V_p = \text{Volumen "casing"}$

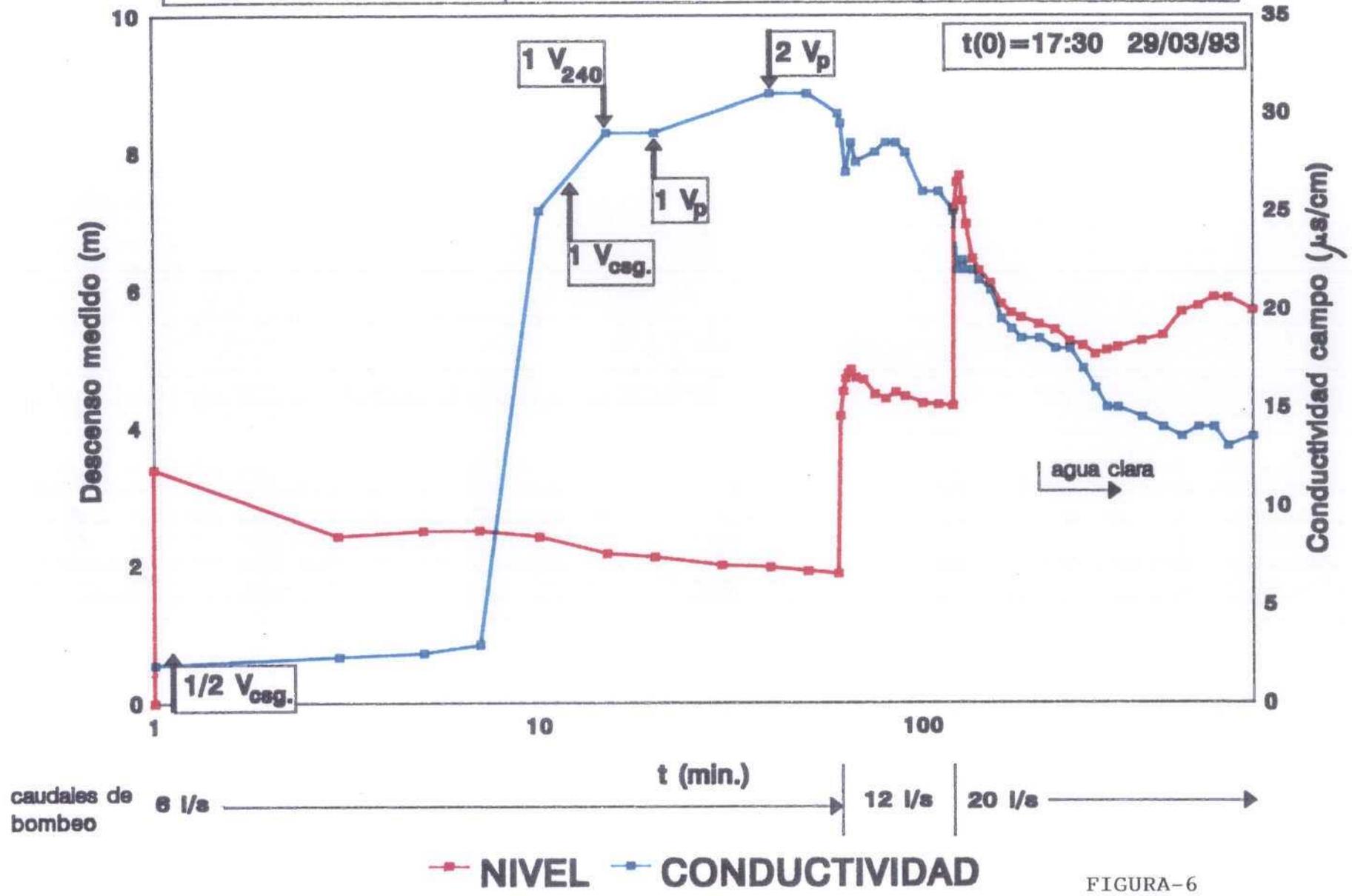


FIGURA-6

Se obtienen así los valores indicados en las tablas 1 y 2, tanto para C_m como para el nivel corregido y el descenso corregido y descensos, es decir, los niveles que habría dado el pozo en cada instante si no existieran las mareas.

Representamos en el gráfico de la Figura 6, en escala logarítmica, los tiempos frente al descenso medido.

Se observan los puntos en los que el bombeo ha extraído un volumen equivalente al de la tubería, equivalente al del pozo hasta el metro 240 (punto donde se supone que el pozo está obturado) y el equivalente al total del pozo.



Bombeo

Consideramos que las muestras obtenidas antes del bombeo del doble de este último volumen, no son representativas del agua de la formación.

El aumento en la salinidad al inicio de cada escalón de bombeo, se podría explicar por la posible mayor presión de un nivel profundo, cuya agua, más salada durante las paradas invadiera la parte afectada por el bombeo. Si obtenemos los caudales específicos (Jacob, 1947)

i	Qi	Si	Si/ Qi	Ci	Sw _i	Ce (l/sm)
1	6	2,10	0,35	–	–	2,86
2	6	2,60	0,43	0,007	1,01	2,55
3	8	1,40	0,18	-0,018	<1	3,64

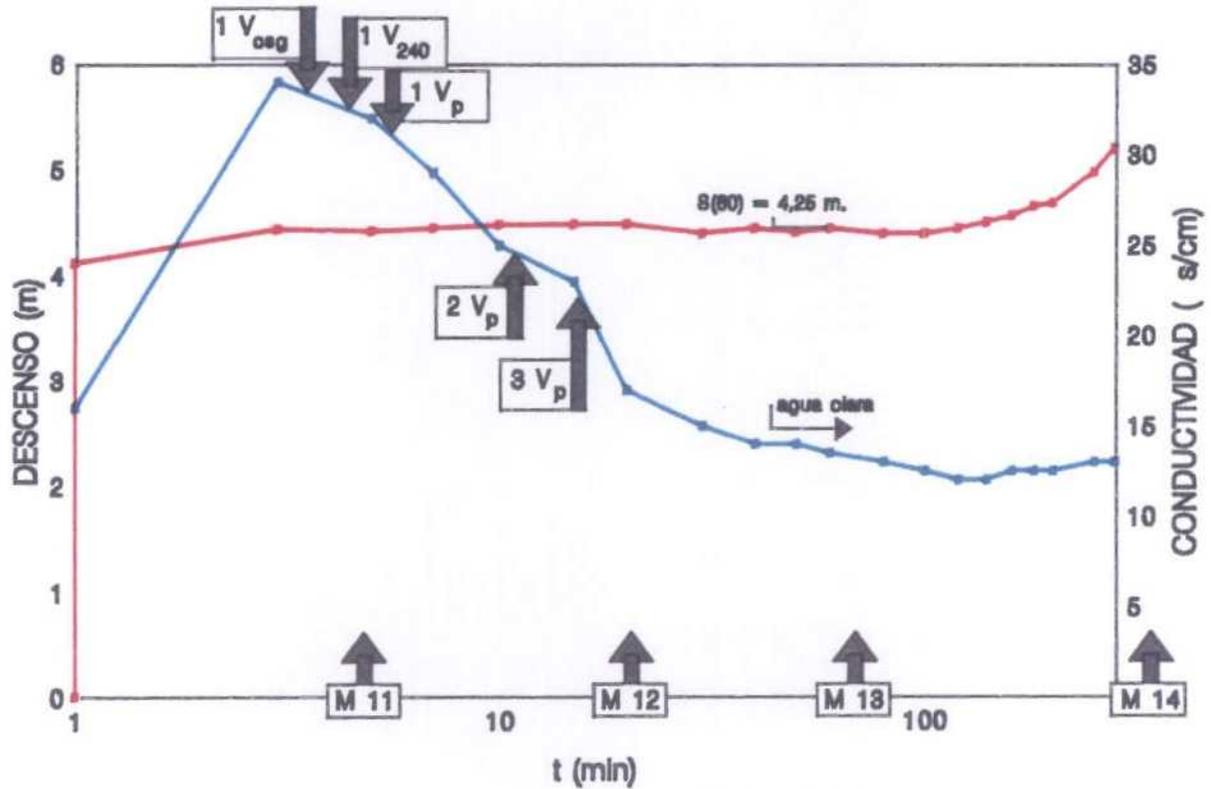
Observamos que, en el tercer escalón $Sw_i < 1$ lo que nos indica que el sondeo se encuentra en desarrollo, conformado además por los arrastres que presentaba el agua.

Similares características se observan durante el bombeo a caudal constante (Figura 7).

Las muestras que se consideran representativas son los números: 9, 10, 13 y 14.

Se considera así mismo que el bombeo solo afecta a los primeros metros de la formación si afectara a toda su potencia, la salinidad sería mayor.

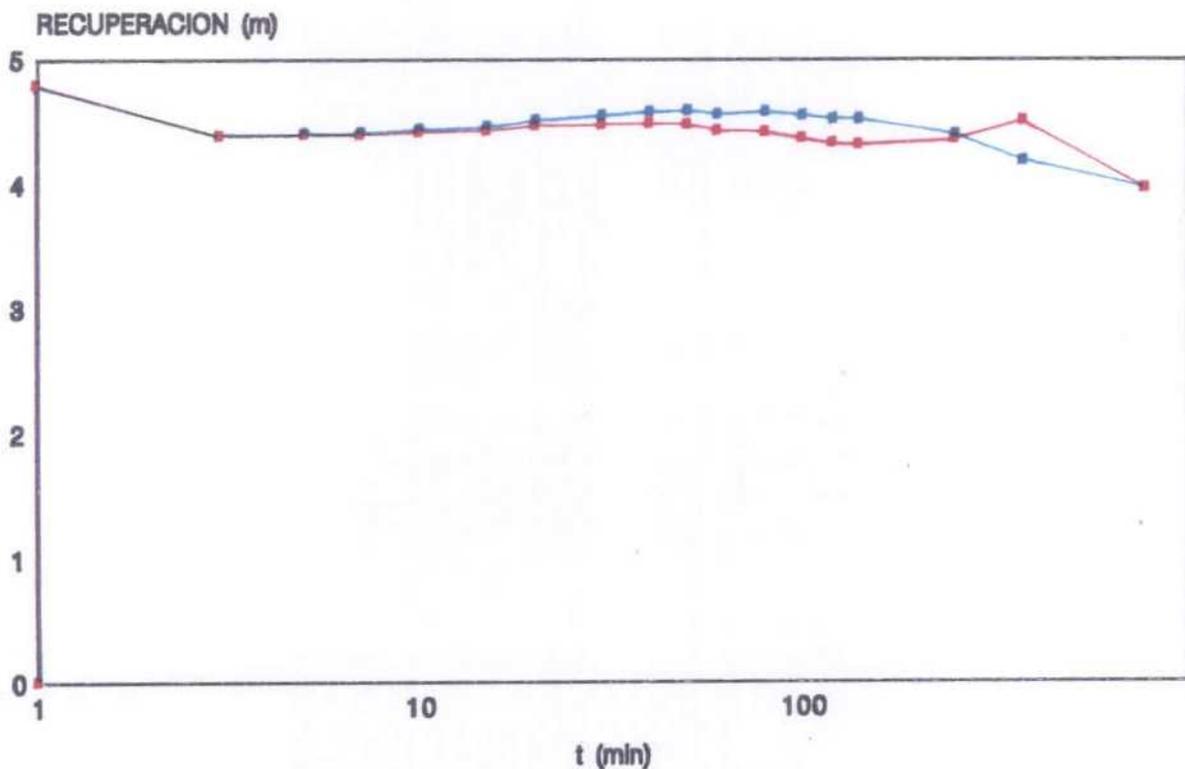
BOMBEO A CAUDAL CONSTANTE



M 11 MUESTRA número

—•— DESCENSO —◆— CONDUCTIVIDAD

RECUPERACION



—■— DATOS REALES —◆— DATOS CORREGIDOS

FIGURA-7

9.- ANALISIS QUIMICOS

9.- ANALISIS QUIMICOS

En las aguas analizadas, correspondientes al muestreo realizado durante el bombeo de ensayo en el sondeo de Villaviciosa se detectan dos tipos claramente diferenciados. El primero, en el que se incluye únicamente la muestra 1, despreciable por que no se había bombeado la mitad del volumen del pozo en el que se había inyectado casi 1.000 m³, tomada a los 5 minutos de iniciarse el bombeo corresponde a un agua de naturaleza sulfatada cálcica, con una componente secundaria clorurada, de mineralización notable y extremadamente dura.

Este agua no puede considerarse constituyente de la formación, puesto que corresponde a la mezcla de ésta con la inyectada en el pozo durante la perforación del mismo, y el tiempo en que se toma a los 7 minutos de iniciado el bombeo, no se ha producido su extracción total.

Del resto de muestras, se considera representativas de la formación, las nº 9, 10, 13 y 14, tomadas tras un tiempo de bombeo suficiente para que el agua que se extrae corresponda a la del acuífero, sin mezcla con aportes externos y sin un tiempo de permanencia en reposo (nºs 13, 14), durante el que se producen enriquecimiento en sales.

El resto de muestras son de facies clorurada sódica, muy mineralizadas (aguas salinas) y extremadamente duras.

Las relaciones iónicas calculadas indican en el primer caso (muestra 1), que se trata de una agua en equilibrio con materiales evaporíticos, concretamente yesos de carácter continental. En el resto de muestras, las relaciones Cl/HCO₃ y Mg/Ca indican la existencia de intensos fenómenos de intrusión de agua salada.

La evolución del índice de cambio de base i.c.b. ($\text{Cl}^- (\text{Na} + \text{K}) / \text{Cl}$), con una tendencia al aumento, indica que a partir de la muestra 2, se produce un cambio de bases de endurecimiento, es decir, el agua salada cedería iones alcalinos al agua dulce; tras la parada del bombeo, a los 720 minutos, la tendencia a restablecer el equilibrio iónico, se traduce en una disminución del i.c.b. en la muestra 11, y al iniciarse el bombeo (muestra 12), se iniciaría nuevamente un ablandamiento del agua del sondeo al producirse un nuevo aporte de agua salada.

La evolución de la composición del agua durante el bombeo, indica que tras iniciarse éste,

aproximadamente a los 10 minutos, se produce la extracción de agua de alto contenido salino, que tiende a disminuir ligeramente durante la primera etapa de bombeo; al aumentar el caudal a 12 l/s se produce una disminución algo más acusada (muestras 5,6); el posterior aumento de caudal a 20 l/s se traduce en un nuevo aumento de salinidad, que tiende a estabilizarse hasta los 720 minutos, tiempo en que se detiene el bombeo. Al iniciarse nuevamente el bombeo se produce un nuevo incremento para posteriormente ir disminuyendo progresivamente hacia el final del ensayo, pero manteniendo la extracción de agua salada.

Vº Bº
EL DIRECTOR DE AGUAS SUBTERRANEAS
Y GEOTECNIA



Fdo. Agustín Navarro Alvargonzález

EL AUTOR DEL INFORME



Fdo. Gerardo Ramos González

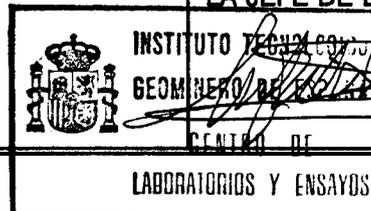


**ANALISIS DE CATORCE MUESTRAS DE AGUA PRESENTADAS POR LA DIRECCION
DE AGUAS SUBTERRANES Y PERTENECIENTES AL PROYECTO: ESTUDIO DE
POSIBILIDADES INYECCION AGUAS RESIDUALES.VILLAVICIOSA (ASTURIAS)**

MUESTRA	CONDUCT.	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	So ₄ ⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	R.Seco
1	3.350	217	10	416	70	1.000	388	117	2.081
2	20.640	4.874	155	708	652	2.200	11.550	210	17.521
3	20.490	4.865	143	708	624	2.120	10.690	219	17.266
4	20.480	4.844	137	660	624	2.060	10.830	205	16.678
5	20.440	4.766	126	644	600	2.060	10.550	195	16.994
6	10.980	3.567	105	516	452	1.700	8.460	200	9.856
7	15.160	2.744	74	396	356	1.400	6.390	205	14.046
8	14.390	2.598	68	376	336	1.330	6.200	205	11.493
9	13.310	2.359	56	364	320	1.250	5.620	200	10.838
10	13.440	2.463	60	336	296	1.200	5.740	210	10.514
11	20.450	4.332	137	656	612	1.940	10.540	200	16.684
12	10.870	3.220	89	480	420	1.550	8.170	151	9.210
13	14.480	2.426	66	376	328	1.300	6.170	205	11.253
14	13.980	2.394	69	380	328	1.290	6.030	205	10.800

OBSERVACIONES: Los resultados se expresan:
Conductividad = μ .s/cm
Los demás = mg/L

LA JEFE DE LABORATORIO



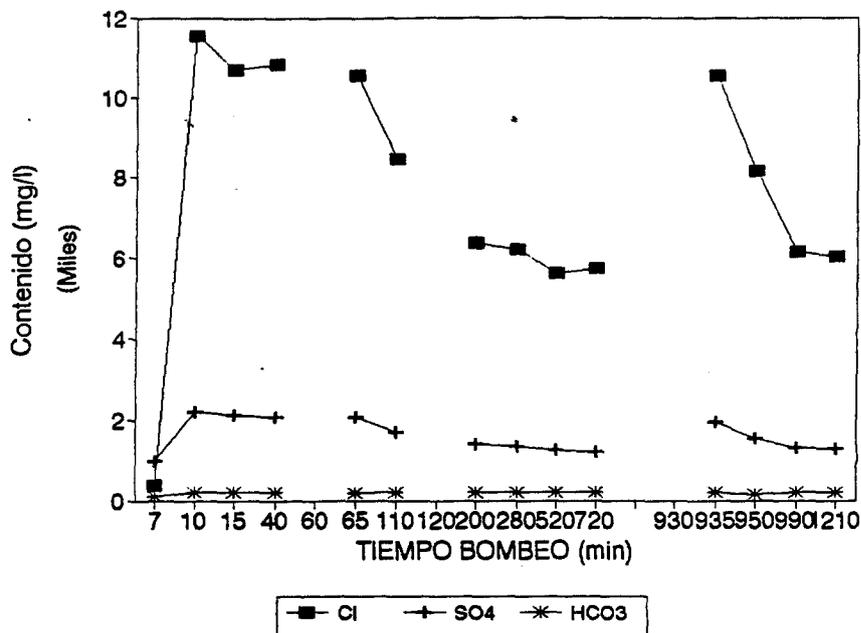
RELACIONES IONICAS

N°	HCO ₃ +CO ₃	HCO ₃ +C	Cl	Cl	SO ₄	SO ₄	HCO ₃ +CO ₃	Cl+SO	Mg	CL	Cl-(Na+K)
	Ca	Ca+Mg	Na	Na+K	Ca	Ca+Mg	Ca+Mg	Ca+K	Ca	HCO ₃	Cl
1	0,0924	0,0723	1,1595	1,1290	1,0030	0,7852	0,8575	1,0431	0,2774	5,7078	10,0597
2	0,0974	0,0387	1,5368	1,5086	1,2965	0,5149	0,5536	1,4788	1,5181	94,6644	325,1626
3	0,1016	0,0414	1,4250	1,4008	1,2493	0,5093	0,5508	1,3794	1,4529	84,0152	300,8510
4	0,1020	0,0399	1,4499	1,4262	1,3023	0,5090	0,5489	1,4097	1,5586	90,9282	304,8131
5	0,0995	0,0392	1,4355	1,4136	1,3346	0,5263	0,5655	1,4031	1,5359	93,1198	296,9081
6	0,1273	0,0521	1,5381	1,5119	1,3746	0,5624	0,6145	1,4927	1,4440	72,8056	237,9952
7	0,1700	0,0685	1,5102	1,4866	1,4751	0,5943	0,6628	1,4850	1,4820	53,6502	179,5892
8	0,1791	0,0724	1,5476	1,5242	1,4759	0,5968	0,6692	1,5174	1,4731	52,0549	174,2459
9	0,1805	0,0737	1,5450	1,5237	1,4328	0,5850	0,6587	1,5102	1,4492	48,3649	157,8839
10	0,2053	0,0837	1,5113	1,4900	1,4901	0,6077	0,6914	1,4900	1,4522	47,0454	161,2543
11	0,1001	0,0395	1,5779	1,5491	1,2339	0,4862	0,5256	1,5031	1,5379	90,7057	296,6878
12	0,1033	0,0423	1,6454	1,6191	1,3473	0,5516	0,5939	1,5800	1,4424	93,1256	229,8581
13	0,1791	0,0735	1,6493	1,6234	1,4426	0,5917	0,6651	1,5964	1,4381	51,8031	173,4397
14	0,1772	0,0731	1,6335	1,6062	1,4164	0,5846	0,6577	1,5774	1,4229	50,6276	169,4837

ANALISIS QUIMICOS EN % EPM

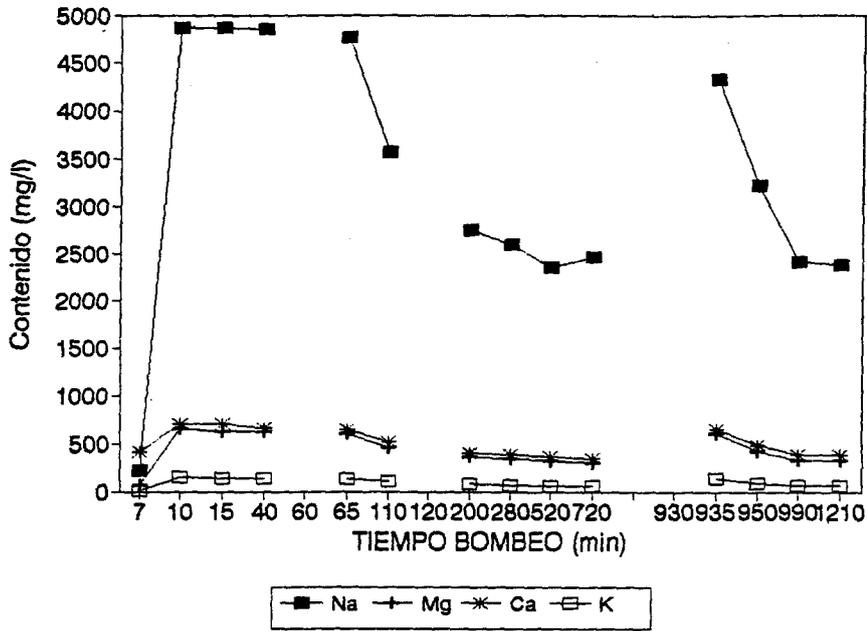
N°	Cl	SO ₄	HCO ₃	CO ₃	NO ₃	Na	Mg	Ca	K	NO ₂	NH ₄
1	32,50	61,81	5,69	0,00		26,07	15,90	57,32	0,71		
2	86,87	12,21	0,92	0,00		69,53	17,59	11,59	1,30		
3	86,34	12,64	1,03	0,00		70,09	17,00	11,70	1,21		
4	86,85	12,19	0,96	0,00		70,60	17,20	11,03	1,17		
5	86,59	12,48	0,93	0,00		70,99	16,90	11,00	1,10		
6	86,06	12,76	1,18	0,00		70,28	16,84	11,66	1,22		
7	84,72	13,70	1,58	0,00		70,09	17,20	11,60	1,11		
8	84,92	13,45	1,63	0,00		70,13	17,15	11,64	1,08		
9	84,40	13,85	1,75	0,00		69,09	17,72	12,23	0,96		
10	85,07	13,13	1,81	0,00		71,53	16,26	11,19	1,02		
11	87,19	11,84	0,96	0,00		68,52	18,31	11,90	1,27		
12	86,90	12,17	0,93	0,00		69,74	17,20	11,93	1,13		
13	85,12	13,24	1,64	0,00		68,99	17,64	12,27	1,10		
14	84,92	13,41	1,68	0,00		68,58	17,77	12,49	1,16		

SONDEO VILLAVICIOSA
Evolución aniones



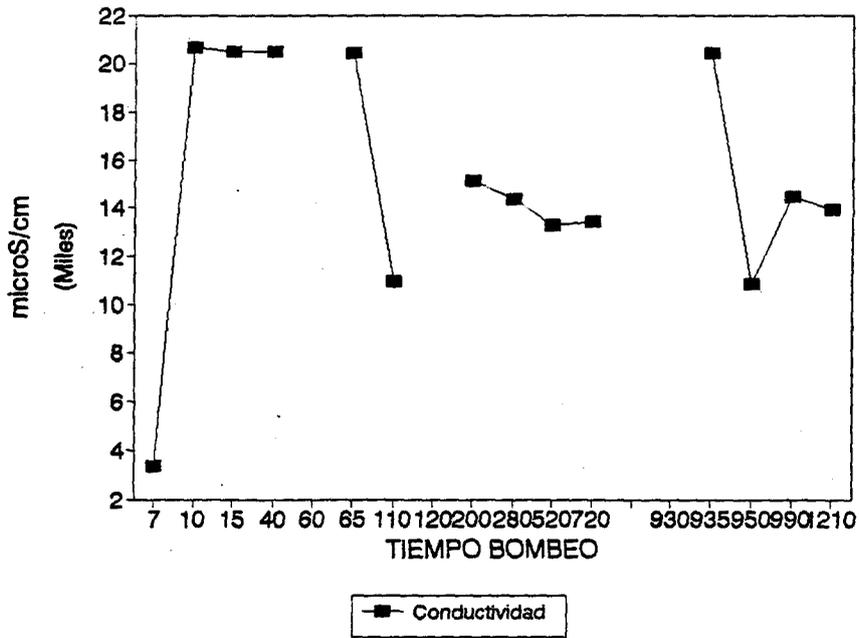
SONDEO VILLAVICIOSA

Evolución cationes



SONDEO VILLAVICIOSA

Evolución Conductividad



SONDEO VILLAVICIOSA

indice cambio bases

