

## EXPERIENCIA EN LA UTILIZACIÓN DE EQUIPOS FIJOS Y ALMACENAMIENTO DE SEÑALES

Moderador: Xavier Sánchez Vila

*Presidente de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos. Grupo Español.*

### COMENTARIO

#### COSTE DEL MATERIAL CIENTÍFICO

**Antonio Gallego (OTT Hidrometría, S.L.)**

Quiero hacer un comentario al Sr. Pulido, básicamente es una respuesta a otro comentario que él hizo en su exposición, y en este caso la intención es básicamente ampliar un poco el punto de vista del proveedor en cuanto a cierto punto en particular, y también agregar un poco de debate a lo visto y oído esta mañana.

En particular me quiero referir a la comparativa que hacía el Sr. Pulido, como criterio para cual puede ser un precio justo, por ejemplo para una sonda multiparamétrica. Él hacía una simple referencia o una idea, comparaba el precio de una sonda multiparamétrica con lo que puede ser el precio de un vehículo Peugeot. Yo como proveedor en este caso, quería comentar a todos en particular, que pueden tener la seguridad de que es un quebradero de cabeza de todas las compañías serias que hay en el mercado, tratar de conseguir el mejor instrumento posible que cumpla con el desideratum que comentaba el Sr. Pulido, al mejor precio posible para los dos, obviamente para el usuario y por otro lado también para el fabricante. No se puede perder dinero.

Si comparamos por ejemplo un vehículo que posiblemente tiene una salida a nivel mundial de un millón de unidades al año, contra un desarrollo tecnológico a economía de escala, que en el mejor de los casos lo

que podemos hacer es vender diez mil unidades entre todos los fabricantes a nivel mundial, obviamente estamos haciéndonos un flaco favor. Porque podemos pensar del lado del usuario que estamos siendo, a lo mejor no se, que nos están robando o de alguna manera están abusando de nosotros. Por el lado del proveedor de tecnología nos cuesta entablar una relación sincera y de colaboración, porque a lo mejor se nos está viendo simplemente como un lobo feroz, que lo que queremos es vender y únicamente nos interesa sacar el mayor dinero posible y desaparecer después, si seguimos mejor todavía.

Solamente quería contar en este caso que evidentemente no niego que haya compañías que a lo mejor abusen de sus precios, pero que en general y en particular este mercado del que estamos hablando, es un mercado bastante limitado a nivel mundial. Luego no podemos compararlo con un mercado de consumo masivo y por supuesto tengan la seguridad de que en la gran mayoría de los casos, el precio que se cobra por un instrumento de este tipo, es un precio bastante justo, comparado relativamente con las ganancias brutas de lo que puede ser un proveedor de tecnología. Un precio justo para el usuario en este caso, que esperamos por supuesto que el retorno de esa inversión se vea retribuida con otras ventajas, u otros ahorros.

Era un comentario nada más, pero que quería dejarlo claro desde mi punto de vista. Gracias.

## COMENTARIO

### Antonio Pulido (Universidad de Almería)

Como dejé el texto escrito, lo que está escrito está escrito, quizás lo ha dicho Antonio de otra manera.

Es una realidad que el material científico y la instrumentación es cara. Uno de los motivos es precisamente por los que se pueden vender; se ha hablado de diez mil, pero yo creo que de alguno de estos aparatos se venden posiblemente cinco o diez al año ¿no?. Es más mientras no llega el pedido, en algunos casos no empiezan a fabricar el aparato en cuestión. Nosotros tenemos pedido unos equipos geofísicos para testificar hasta mil metros de profundidad en sondeos; aunque la oferta está en firme, los equipos están aun en construcción. Bueno, eso lo entiendo, pero la verdad es que el equipo en cuestión es muy caro.

Objetivamente, uno ve un coche del que se venden un millón de unidades y lo compara con una sonda y, sinceramente, llama la atención que cuesten igual. Yo no digo que en el precio ese vaya implícito que nos estén robando, no no, Dios me libre. Por los motivos que sea, al mercado sale el aparataje con unos precios que...; bueno, si luego los equipos salen muy buenos y el beneficio obtenido es altísimo pues fenomenal. Pero a veces, por motivos que nadie desea, encima de caro el equipo sale mal. ¿Qué podemos hacer?

Creo que estamos aquí precisamente con la idea de ver lo que queremos unos y lo que queremos otros, y al final llegar a una entente del que todos salgamos contentos ¿no?. Las firmas comerciales tienen que ganar y los investigadores y los técnicos tienen que poder trabajar dentro de un límite razonable de garantía del material suministrado.

## P.- EQUIPOS PARA CARACTERIZAR LOS MEDIOS DE BAJA PERMEABILIDAD

### Alvaro Linares-Rivas (GEOTECNIA 2000)

Para Miguel Mejías, la 1ª pregunta es ¿cuanto han costado esos dos equipos?, una cifra global si la sabes.

#### R.- Miguel Mejías (IGME)

El coste de los equipos depende de lo que se quiera incluir en ese coste o no. Si incluimos solamente lo que es adquisición de materiales, compra de los vehículos y el precio de instrumentación, digo muy de memoria, pero podía estar en torno a los 50 millones de ptas. Si incluimos la formación de los técnicos y el tiempo que hubo que emplear en realizar un estado del arte de la instrumentación en este campo, el precio sería bastante más elevado.

#### Pregunta:

Desde el momento en que el Instituto decide acometer el diseño y construcción de estos equipos, hasta que está operativo el primer prototipo ¿Cuánto tiempo pasa?

#### Respuesta:

Dos años y medio.

#### Pregunta:

¿Cuanta gente interviene en esa fase?

#### Respuesta:

El equipo estuvo formado básicamente por 5 técnicos de la Dirección de Hidrogeología y Aguas Subterráneas del Instituto.

#### Pregunta:

Y un equipo comercial digamos de los existentes en el mercado, aunque no

cumpliese exactamente todos los objetivos ¿Cuánto podría haber costado?

**Respuesta:**

Es un poco difícil decirlo ahora de memoria, pero es que no había muchas opciones. En realidad solo había dos opciones de equipos disponibles comercialmente, y si no recuerdo mal, pues estaban en torno a doscientos millones de ptas.

**Pregunta:**

En tu exposición realmente me he sentido un poco mal, porque has ido exponiendo la cantidad de pegas que tiene, la cantidad de problemas. Por ejemplo mandar el cable a Dinamarca, desde que se rompe hasta que llega ¿Cuánto tiempo pasa?

**Respuesta:**

Hasta ahora solo nos ha pasado una vez, y tardó dos semanas. Este cable se adquirió en el año 94, cuando las comunicaciones por cable todavía no estaban tan de moda, como están ahora. Probablemente habría suministradores en España y hubiese sido más fácil hacer este arreglo y más rápido ¿no?, lo que pasa es que es una inversión muy cara y hay que mantenerlo por lo menos operativo un tiempo, motivo por el cual esta primera vez que ha ocurrido “la primera y la única de momento” se envió a la casa suministradora que está en Dinamarca.

**Pregunta:**

El equipo lleva unos seis años operativo, ¿más o menos?

**Respuesta:**

Digamos cinco años, la primera vez que se aplicó más o menos de manera comercial, fue en el año 98.

**Pregunta:**

En estos años ¿ha estado mas tiempo funcionando o parado?

**Respuesta:**

Es un equipo que tiene un objetivo más experimental y metodológico que comercial, es decir no se trata de sacar dinero con este equipo. Entre las funciones del Instituto, yo creo, está el desarrollar y mantener una instrumentación que probablemente no es rentable hacerlo de manera comercial. El equipo ha trabajado bastante, lo ha hecho en Aznalcóllar, justamente sobre el muro en que se produjo el deslizamiento, ha trabajado en el área de las pizarras negras que podrían servir como aislamiento de los vertidos en las cortas, en la caracterización del futuro emplazamiento de la Mina de las Cruces en Sevilla, se ha utilizado para el estudio de emplazamientos de vertederos. Lo que ocurre es que la especificidad de estos trabajos obliga a que haya a veces periodos de tiempo dilatados, en los que no se utiliza.

**Pregunta:**

Como usuario ¿tu estás satisfecho de esa decisión del Instituto en lugar comprarlo, si lo hubiera hecho?

**Respuesta:**

Sin ninguna duda, pues el primer objetivo de este equipo como he comentado, era el estudio del almacenamiento geológico profundo de residuos radiactivos. Por diversas razones que no vienen al caso, no se ha utilizado en este campo y ha habido que modificar diversas cosas. Estamos hablando de trabajar a profundidades entre 500 y 1000 metros e incluso más, y hemos sido capaces de hacerlo operativo en profundidades mucho menores, de decenas de metros a centenares de metros. Igualmente se han ido mejorando y modificando cosas, que solamente el conocimiento profundo de la instrumentación que tiene, de sus conexiones y la forma de implementarlo todo, es lo que ha hecho posible esto.

**Comentario**

Finalmente para todo el mundo, estas preguntas vienen a cuento, porque a nosotros nos ha sucedido algo similar y hemos optado por la misma decisión. Muchas Gracias.

**P.- ADAPTABILIDAD DEL EQUIPO**

Yo también quisiera hacer una pregunta, si ahora volviera a arrancar ese objetivo de almacenamiento profundo, ¿ entonces el equipo sería bastante adaptable?

**R.- Miguel Mejías (IGME)**

Si, si, es totalmente adaptable para trabajar a profundidades de hasta 1200 metros.

**P.- CAPACIDAD DEL EQUIPO****Philippe Gillain (Geopro, S.A. Bélgica)**

Respecto a la unidad que nos ha presentado, me parece de una capacidad importante, ¿cuál es la capacidad de este equipo en profundidad?

**R.- Miguel Mejías (IGME)**

En cuanto a profundidad, se puede operar hasta 1200 metros de profundidad, en cuanto a rango de conductividad hidráulica, es capaz de caracterizar valores entre  $N \times 10^{-5}$  hasta  $N \times 10^{-14}$  m s-l.

**Pregunta:**

Las varillas que son de aluminio con manguitos de acero inoxidable, ¿sirven para hacer maniobras abajo y tener los cables por dentro?, ¿los cables de transmisión de los sensores están dentro?

**Respuesta:**

No, los cables van por fuera sujetos a este varillaje. El varillaje lo que sirve es para realizar la comunicación entre la sección de

ensayo y la inyección o extracción de agua. Tanto el cable de señales eléctricas como la línea de inflado de los obturadores van pegados a la sarta mediante cintas.

**Pregunta:**

Entonces ¿es una sarta de inyección estanca que debe resistir una cierta presión con la profundidad y por fuera lleva los cables?

**Respuesta:**

Exactamente

**Pregunta:**

¿Cuales son las dimensiones?

**Respuesta:**

El diámetro mínimo de un sondeo para poder trabajar es de 101 mm. (4 pulgadas).

**Pregunta:**

Respecto a la cuestión de aparatos o de sistemas, por supuesto que existen equipos más ligeros, con toma de presión in situ durante la inyección de agua. Por eso pregunté la capacidad del aparato, porque 1000-1200 m es mucho, pero para el uso habitual, digamos de 100-200 m puede tenerse un equipo más a la escala o al tamaño de necesidad mas habituales ¿no?. También pienso como reflexión, que se pueden hacer las pruebas de permeabilidad al avance y tener en este caso dos sensores, uno arriba del obturador y otro adentro y tener dos cables de transmisión. Tres sensores supone que el taladro, el pozo está hecho ya. Bueno nada más.

**Respuesta:**

En primer lugar, en cuanto al volumen, efectivamente, es un equipo aparatoso pero básicamente porque llega a esta profundidad de 1200 m, que podría ser más. Se realizó

para que fuera autosuficiente para transportar hasta 1200 m del varillaje, cable de 1200 m, línea de inflado de la misma longitud, y es por lo que es así de aparatoso. Evidentemente para trabajos de 200-300 m no haría falta un equipo tan grande, lo que ocurre es que al utilizar varillaje se tiene una serie de ventajas en cuanto a instrumentación, en cuanto a enganches y en cuanto a posibilidades de reacción ante problemas. Esto fue lo que nos encaminó a tomar esa decisión, y ahora aunque se utilice para profundidades menores, pues se mantiene un poco esa aparatosidad.

En cuanto a los ensayos al avance muchas veces, muchos de los trabajos que hemos hecho han sido al avance, en ese caso como ud. comenta hemos puesto dos sensores, uno por debajo del packer superior, el único packer en este caso, y otro por encima. Nosotros preferimos, cuando hay posibilidad, hacerlo una vez finalizado el sondeo y después de hacer una limpieza del mismo. Como ya sabe la inyección de agua que se hace en estos ensayos es muy pequeña, cuanto más limpias y menos alteradas por la perforación estén las paredes del sondeo, mejor sale la prueba.

#### **Pregunta:**

Como última pregunta, ¿cómo se abre la válvula de cierre que está abajo?

#### **Respuesta:**

La válvula también fue un diseño específico, no es una válvula comercial y esta válvula simplemente tiene un muelle que se operan de manera hidráulica. Tenemos arriba un recipiente de expansión por nitrógeno en el que se mete presión, una presión mínima de 20 bares, ya que es la necesaria para actuar la válvula, más la presión de la columna de agua que tenga encima. Hemos llegado a operar con sesenta o setenta bares,

entonces esa presión la abre y la mantiene abierta mientras no quitamos la presión. Esta presurización se efectúa por otra línea de poliamida.

#### **COMENTARIO**

##### **Jesús Suso (AITEMIN)**

Solamente decir que en AITEMIN también se ha desarrollado un vehículo para caracterización de medios de baja permeabilidad siguiendo un poco los pasos del IGME, pero de forma mucho más sencilla para trabajar en sondeos de hasta 500 m de profundidad. El concepto es un poco distinto, en el sentido de que la instrumentación de sondeo no se baja mediante tubería, sino que es una instrumentación de tipo WIRELINE que se baja suspendida de cable hasta la posición de las zonas de ensayo. Esto permite agilizar el trabajo y eliminar algunos de los problemas que han comentado, al trabajar con una Unidad para 1200 m de profundidad en sondeos pocos someros, donde realmente los requerimientos de la instrumentación de sondeo o del descenso de instrumentación de sondeo son menores.

#### **COMENTARIO**

##### **Miguel Mejías (IGME)**

Evidentemente, como tú sabes, también conocemos vuestra Unidad, creo que está también operativa hace bastante tiempo. No coincidimos en el tema de bajar la instrumentación mediante cable, como todo en la vida no es ni blanco ni negro, tiene sus matices, lo que te digo es por la experiencia que tenemos en trabajos de caracterización, por ejemplo en rocas sedimentarias de tipo margas o arcillas. Si hubiéramos bajado con cable allí se hubiera quedado el equipo, y no estamos hablando de mucha profundidad, por ejemplo en el muro de contención de Aznalcóllar se rompió a 30 m de profundidad, si no llegamos a tirar con varillaje y con

los gatos hidráulicos del sistema de descenso, estamos hablando de 30 m, ahí hubiéramos dejado los sensores, los obturadores, la válvula, cerca de tres millones de pta. Lógicamente el equipo es más ágil, si quieres ocupa menos volumen, pero creo que en cuanto a instrumentación o rapidez de instrumentación no aporta grandes ventajas y sí bastantes más inconvenientes desde mi punto de vista.

## **P.- EXPERIENCIA EN EQUIPAMIENTO DE MANANTIALES**

### **Francisco Carrasco (Universidad de Málaga)**

Quisiera preguntar a Antonio Pulido, si puede brevemente decir su experiencia en equipamiento de manantiales y más particularmente si conoce algún método que permita la toma de muestras automática, a nivel periodo de tiempo horario o de varias horas.

### **R.- Antonio Pulido (Universidad de Almería)**

Si, hay muestreadores que permiten tomar muestras cada hora, cada media hora y con capacidad de 40, 100 muestras, tiene un minuterero que va girando, es frecuente su empleo en pruebas con trazador. La última experiencia la estuvimos haciendo en manantiales búlgaros, estuvimos muestreando con dos que eran tecnología alemana; tenían capacidad para ochenta y tantas muestras y lo grabamos para muestreo horario. Se puede programar creo que para muestrear cada 10 horas.

## **Comentario**

Es que particularmente me interesaría que me facilitarás esa información.

## **Respuesta:**

Yo te la paso, no te preocupes.

## **P. - MEDIDAS ANTE EL ABANDONO MINERO**

### **Enrique Vázquez (Universidad Politécnica de Cataluña)**

Pregunta para Manuel Rolandi. La parada de la actividad minera que sé para cuando estará prevista. Se han tomado algunas medidas de seguimiento o que es lo que hay previsto para un seguimiento posterior a la parada de la actividad minera?

### **R.- Manuel Rolandi (EPTISA)**

Nuestra actividad fue el diseño del drenaje de la mina, me parece que terminamos en el año 1999-2000, a partir de ahí lo que sabemos es por noticias de la propia LIMISA, lógicamente ellos siguen controlando la piezometría. Ahora lo que hacen es el bombeo continuo de ese dispositivo drenaje que es aproximadamente unos 13 sondeos, no solo el que hemos expuesto del frente norte, el del frente granítico fracturado, después se hizo también en el del frente sur de los esquistos mucho más complejo. Ya no funcionaba con esas presiones en unos acuíferos profundos, prácticamente como un acuífero poroso, sino ya en el caso del frente de los esquistos y de las cuarcitas era por fracturas, por tanto había que perforar sondeos en las proximidades donde están saliendo con esos movimientos de ladera, era una complejidad muy diferente. Sí sabemos por LIMEISA que ellos continúan midiendo, incluso con medidas diarias, con contadores automatizados, porque el sistema de drenaje sigue funcionando.

¿Hasta que año sigue la mina?. Pues esa información no la sé, lo que puedo transmitir que creo que no muchos años más, estaban pensando en alternativas. Pero en concreto todo lo que puedan, es decir hasta que les permita el yacimiento profundizar, no sé exactamente el año.