

nos da, para valor de la energía acumulada en la cabilla de acero de nuestro elemental ejemplo, una cantidad *negativa*; resultado por completo falso, que nos prueba, una vez más, la inexactitud de las superabundantes expresiones [VI] y [IV].

¡Para qué seguir! Si tal hiciéramos..., nuestro breve comentario se daría de cachetes con su brevedad, y hay que evitarlo a todo trance, poniendo, mejor que los medios convenientes, el fin al artículo y la firma.

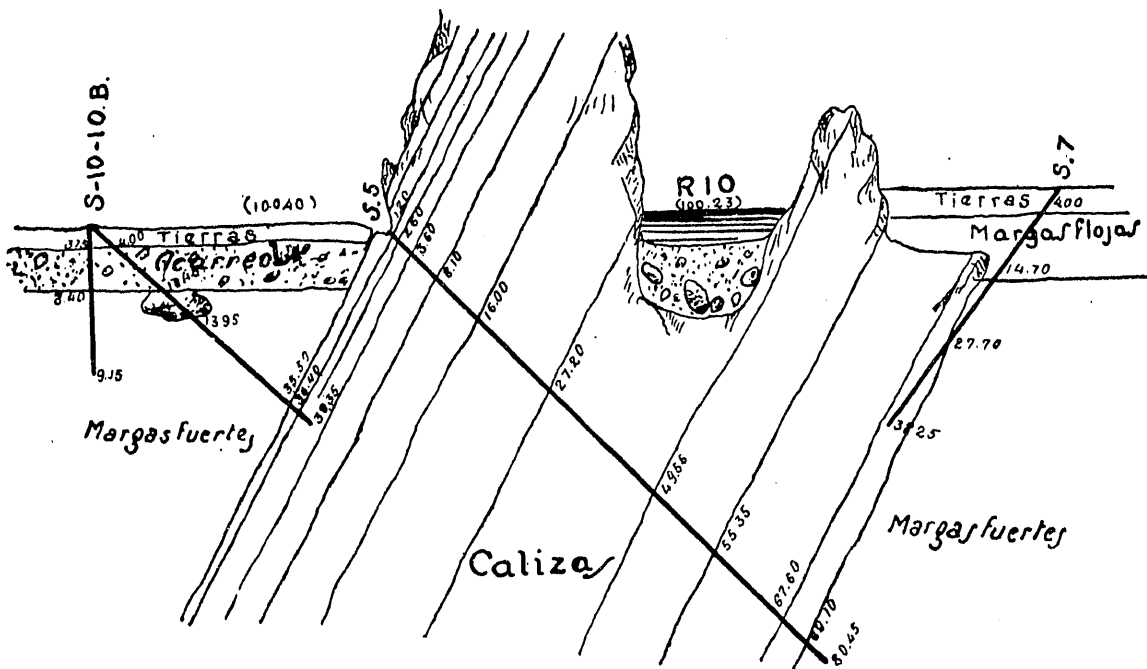
José LÓPEZ RODRÍGUEZ
Ingeniero de Caminos

El sondeo en la construcción

Las variadas aplicaciones del sondeo en la construcción ofrecen diversa modalidad, por razón de la cual cabe establecer dos grupos: unas veces tiene por objeto la determinación de las condiciones del terreno (principalmente las de resistencia e impermeabilidad), para, en su consecuencia, proyectar y construir puentes, túneles, pantanos, diques, etc.; otras veces es auxiliar de la construcción o conservación de las obras citadas, como medio de consolidar terrenos y fábricas, bien para sólo aumentar la coherencia de unos y otras, o llegando a la impermeabilización.

Sondeos de reconocimiento

En la Geología aplicada a las construcciones puede decirse que la misión del sondeo es análoga a la del taquímetro en Topografía. Por muy detallado que sea el croquis de una zona, si con el taquímetro no se toman los datos necesarios que permitan la definición concreta de distancias y desniveles de diversos puntos del terreno, ninguna obra detallada permitiría proyectar aquel croquis; de un modo análogo, por muy acertado y concreto que sea un informe geológico-



Corte hipotético del terreno por la línea de sondeos 10-10-5-7. Escala, 1/1 000

Llamaremos a los primeros sondeos de reconocimiento, y de ellos, que son los más generalmente practicados por el que suscribe durante estos últimos años, nos ocuparemos a continuación. A los del segundo grupo denominamos sondeos de consolidación; su aplicación se ofrece con mayores horizontes de día en día, ya que nos proporciona el medio de aumentar la coherencia de terrenos, bien para hacerlos apropiados a la sustentación de muros o apoyos aislados, bien como medio de llevar a cabo cimentaciones a profundidades inaccesibles al aire comprimido; sirven también para impermeabilizar fábricas, corrigiéndolas de las imperfecciones de la puesta en obra de hormigones, por bien que éstos hayan sido dosificados.

co, de no haber sido éste intervenido por el sondeo, tampoco bastará en general para satisfacer las exigencias del proyecto de construcción, conservación o impermeabilización de una obra, pues si bien del citado estudio pudiera llegarse a la definición del terreno, ésta tiene lugar por el simple reconocimiento entre límites muy amplios, porque las magnitudes que el geólogo maneja no suelen responder, unas veces por su cuantía y otras por su imprecisión, a la demanda concreta de la obra, lo que solamente se consigue, y desgraciadamente no siempre, con el sondeo. Esto no obstante, y así como un buen croquis complementa los datos taquimétricos para llegar a la mejor representación de la topografía del terreno, del mismo modo un estudio geológico ayuda en gran manera a la mejor interpretación de los resultados que acusan los

sondeos, razón por la cual los informes en los casos de la Geología aplicada a la construcción no deberán emitirse sin tener en cuenta el resultado de los sondeos necesarios, práctica seguida en los redactados por la Jefatura de Sondeos.

División. — Los sondeos de reconocimiento, cuyo objeto es el ya expresado, se dividen en maestros o de exploración a fondo, y someros o de exploración superficial. La razón de esta división se funda en que debiendo conocerse siempre lo que hay debajo de las obras, para en su caso poderse prevenir de los efectos que la naturaleza de los terrenos subyacentes

que con ellos se persiga del perfil o perfiles geológicos de la ubicación. Tal definición comprende el conocimiento de la naturaleza y disposición de los estratos subyacentes y las profundidades de éstos que para la obra nos interesen, siendo, por tanto, antecedentes de interés para la elección el reconocimiento geológico previo de la zona y el conocimiento de la estructura que, con arreglo a las demás características de la obra, convenga proyectar; con arreglo a estos puntos de vista se marcarán los sondeos maestros y someros, no debiendo omitirse los necesarios ni tampoco elegir más de los suficientes.

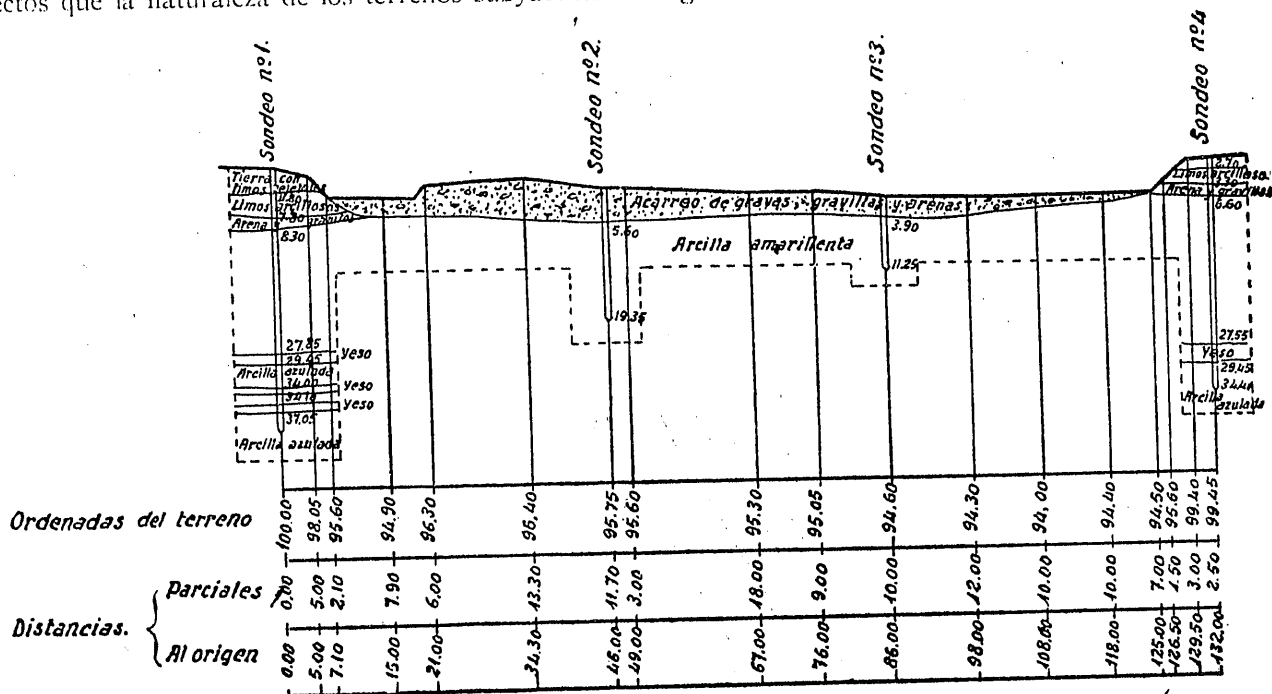


Fig. 1. Ubicación del puente sobre el río Tajo para la carretera de Ocaña al puente de La Pedrera

puedan producir en aquéllas, deben practicarse algunos sondeos profundos, encaminados a adquirir tal conocimiento, mientras que al aceptar, como consecuencia de éste, una determinada capa de terreno de las atravesadas por el sondeo maestro, como conveniente a la obra de que se trate, los demás sondeos bastará llevarlos hasta la exploración de dicha capa.

Por la dirección del eje del sondeo, se dividen éstos en verticales o inclinados; aun cuando generalmente son verticales, hay casos en que resultan necesarios los inclinados, como, por ejemplo, cuando se trata de determinar el espesor de un haz de estratos de fuertes buzamientos; esto ocurría en la cerrada de Don Alvaro, en el río Castril, que formada por un haz de estratos calizos con buzamiento de 65° agua abajo, se recurrió a los sondeos inclinados, que acusaron perfectamente el espesor de dicho haz calizo intercalado entre las margas de aguas arriba y abajo; se consiguió tal objeto con sondeo de 69,10 m en dichas calizas, mientras que con un sondeo vertical hubiera sido precisa una longitud aproximada de 170 m.

En toda ubicación de sondeos, distinguiremos *tres fases*: elección de sondeos, ejecución de los mismos e interpretación de sus resultados.

I. ELECCION DE SONDEOS

Una buena elección de sondeos debe estar encaminada a la mejor definición que se precise, al objeto

Con el reconocimiento geológico previo puede formarse idea en muchos casos de la naturaleza de las rocas, alternancia de éstas, disposición estratigráfica de las mismas, y, con arreglo a tales caracteres, orientar la profundidad y dirección de los sondeos maestros.

Cuando la arquitectura litológica de la ubicación que nos ocupa se ofrezca suavemente plegada, bastará con dos o tres sondeos maestros en cada perfil situados en los extremos y en un punto intermedio. Si falta la estratificación plana o suavemente plegada, o si, por fenómenos tectónicos, no siempre apreciables a la vista, resulta rota la continuidad de estratos, el número de sondeos habrá de ampliarse en la forma que aconseje el resultado de los que se vayan practicando.

Los efectos de la ablación, que juntamente con la disposición estratigráfica, contribuyen en gran parte al modelado de los perfiles topográficos del terreno, ejercen también influencia en el plan de sondeos, por ser tales causas igualmente contributivas de las condiciones del subsuelo; dichos efectos, en perfiles amplios y de rocas modernas, afectan a profundidades sensiblemente constantes en los sentidos longitudinal y transversal, que permiten reducir al mínimo el número de sondeos, por resultar los datos de éstos suficientes para la aproximación práctica necesaria del contorno del subsuelo que nos interesa; en cambio, en los estrechamientos o perfiles abiertos, pero de

substratum interesado en fenómenos tectónicos o de antigua erosión, se encuentran profundidades que bruscamente varían de un punto a otro, y ello implica un aumento de sondeos para conseguir el objeto que nos ocupa. Los perfiles de las figuras 1 y 2 muestran los dos casos apuntados: el primero es el de una formación miocena, sensiblemente horizontal, y en el que la línea de igual consistencia es sensiblemente horizontal. El segundo corresponde a un haz de bancos eocenos, en los que el perfil de igual resistencia se ofrece francamente variable de uno a otro punto.

Por el examen de las estructuras que más convenga

damios y abastecimiento de agua, se procede a la ejecución del sondeo, en el que generalmente se sigue un procedimiento mixto del de percusión y del rotativo, dependiendo la adopción del primero o del segundo de la consistencia y coherencia que presente el terreno.

En el sondeo por percusión se distinguen las operaciones de exploración, avance y entubación, empleándose en ellas las llamadas tuberías de hincas y varillaje de izquierdas, con sus accesorios de zapatas, con bisales interior o exterior, tapones, trépanos de lanza y grillete hidráulico.

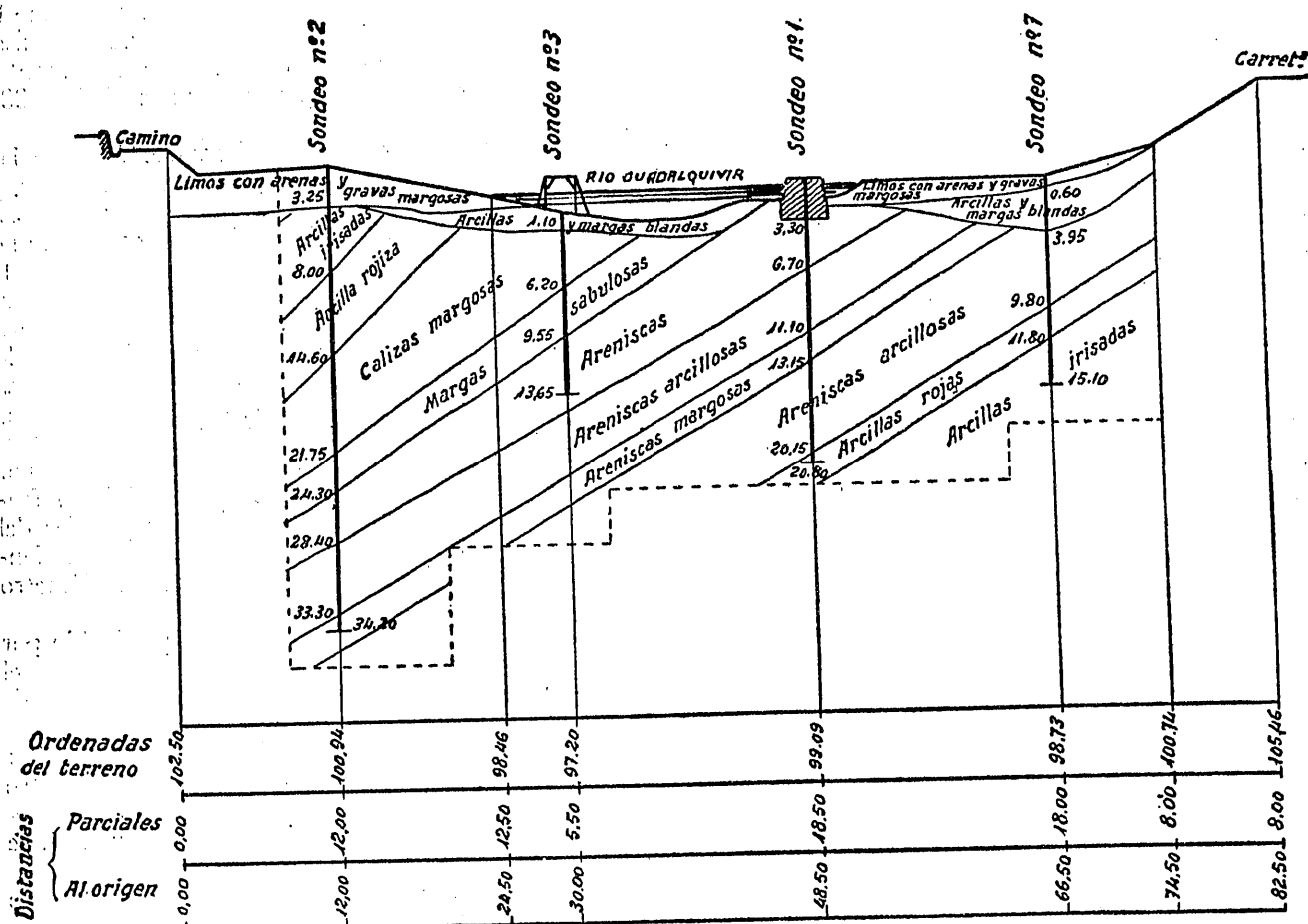


Fig. 2. Ubicación del puente sobre el río Guadalquivir para la carretera de Peal de Becerro a Villacarrillo

proyectar podemos conocer los esfuerzos que se transmiten al terreno, y, como consecuencia, deducir el banco de roca conveniente para tales presiones, lo que permitirá fijar la profundidad de los sondeos someros. Y del número y posición de los apoyos o de la exactitud que para el cubo de cimientos de un muro se precise se deducirá el de sondeos, habida cuenta de lo expuesto en los párrafos anteriores.

Finalmente, debemos manifestar que no pueden darse de una manera general reglas más concretas sobre un plan de sondeos, porque, aparte de la gran diferencia de casos a que el problema afecta, su misma naturaleza de investigación obliga a proceder marcando *a priori* un plan que unas veces se confirma y otras es necesario ampliar o reducir, según el criterio que imperase en el momento de la elección.

II. EJECUCION DE SONDEOS

En los puntos elegidos, y después de las operaciones previas de establecimiento de plataformas o an-

La exploración consiste en introducir en el terreno una parte de la tubería de hincas, lo que se consigue golpeándola, interponiendo un tapón en su cabeza, de modo que el terreno, ocupando el interior de dicha tubería y adhiriéndose a sus paredes, permita, al hacer extracción, obtener una muestra que denominamos testigo.

El avance es la operación de prolongación del agujero, que puede hacerse por sucesivas exploraciones, sistema que resulta muy lento, pero que es el de forzoso empleo en terrenos heterogéneos cuando interesa conocer su constitución en cualquier profundidad; se lleva a cabo también el avance, cuando nos encontramos en un banco homogéneo de gran espesor, por medio del trépano acoplado al varillaje y éste al grillete hidráulico, y con golpe y tiro e inyección de agua se consigue aquél; en terrenos de arenas se suprime el golpe, porque con éste no se avanza; en arcillas diluviales es preferible el avance con la misma tubería de hincas acoplada al grillete hidráulico, porque sien-

do mayor la velocidad de salida del agua de inyección, es más eficaz el arrastre y expulsión de la gran cantidad de detrito grueso, puesto en suspensión al ser disuelta la arcilla que lo aglomera; en terrenos de acarreo gruesos o brechoides, el trépano rebota y el avance se hace entonces taladrando el canto y rompiendo éste después con dinamita, prosiguiendo a continuación el avance en la misma forma.

Conseguido el avance en la longitud que nos hubiéramos propuesto, o hasta que por la marcha del mismo se haya notado alguna variación, bien en el golpe, en el giro o en la cantidad y coloración del agua de inyección, se procede al entubado hasta la profundidad a que haya llegado el avance, lo que se consigue golpeando y girando la tubería de hinca, de diámetro interior superior al del taladro en curso, a menos que alguna circunstancia aconseje la reducción de diámetro de éste; el interior de dicha tubería se habrá rellenado por el arrastre de la zona de terreno comprendida entre las paredes del taladro practicado en exploración y avance y las del diámetro exterior de la tubería de revestimiento, y también muchas veces por el desprendimiento de las paredes de la longitud de éste, lo que hace preciso la operación que se llama de limpieza de la tubería, y que se consigue con el trépano e inyección de agua; terminada la limpieza de la tubería de hinca, que en tal caso actúa de revestimiento del taladro, se procede a una nueva exploración.

El sondeo rotativo se lleva a cabo con las llamadas *sondas*; el mecanismo esencial de estas máquinas es el de transformación del movimiento de giro, a brazo o con motor, aplicado a un eje horizontal en una traslación y giro sobre otro eje situado en un plano normal al primero, y cuya dirección depende de la que tenga el eje del sondeo, que, como hemos dicho, puede ser vertical o formando un cierto ángulo con ésta; dichos movimientos de traslación y giro resultantes sobre el eje se aplican al varillaje de derechas, que en su parte superior va acoplado a la manilla de impulsión de una bomba por intermedio del grillete hidráulico de derechas, y en su parte inferior va provisto del tubo de corrida o porta-testigo, del extractor y del útil de perforación llamado corona. La manera de efectuar el movimiento de traslación del varillaje es el que diferencia los dos sistemas o tipos de sondas que existen: uno de ellos es el de traslación automática por husillo, tipo "Brave", y el otro de traslación discrecional, tipo "Graelins", y sobre estos tipos están construidas las sondas Sullivan del primero y las Treford, Swenska y Foraky del segundo, sin más diferencias entre éstas que algunas de detalle, siendo tales marcas las que utiliza la Jefatura de Sondeos en la actualidad. En las del tipo Brave o de avance automático, un husillo, enlazado por un sistema de engranajes de diferente multiplicación, se desplaza según la dirección del sondeo con velocidades lineales diferentes, que el mismo terreno se encarga de imponer, según su resistencia; en las del tipo Graelins, ese desplazamiento lo hace el mismo sondista, haciendo descender la cremallera por intermedio de una palanca en los sistemas Treford y Swenska, y de un volante en el Foraky. Por el interior del husillo, en el primer caso, y de la cremallera, en el segundo, pasa el varillaje, que se hace solidario a aquéllos por las mordazas de que van provistos.

Con una de estas sondas se procede en el sondeo rotativo, introduciendo el varillaje con la corona, bien

provista de diamante, triamante, o para el trabajo, con granalla, hasta poco antes de llegar al fondo, que se da principio a la inyección de agua para expulsar el detrito, y se continúa lentamente el descenso, hasta que la corona llegue al fondo; la corona irá perforando, produciendo un alma, que se aloja en el tubo de corrida; bien por acodamiento, por pérdida de agua o por finalización de trabajo, se hace extracción, sin dejar de inyectar agua en algunos casos, para evitar la sedimentación del detrito, enemigo por excelencia del sondeo y causa principal del peor accidente, cual es el de quedar una corona en el taladro, que de no poderse pescar, como vulgarmente se dice, supone la imposibilidad de continuar el sondeo, y por lo tanto, la pérdida de éste, y en su caso, la de los diamantes de la corona, que puede representar unas 10 ó 12 000 pesetas.

Resulta, por tanto, que en el sondeo rotativo las operaciones de exploración y avance son conjuntas, y como, por regla general, cuando se emplea este método de sondeo la consistencia del terreno es tal que no suele haber desprendimientos, se hace innecesaria la entubación; ahora bien, en el caso de que tales desprendimientos existan, los remedios que se emplean son: perforar con inyección de aguas turbias, con lo que en terrenos poco coherentes disminuye la intensa acción de deslavado que en su circulación ejercen las aguas claras, causa principal de los desprendimientos; cementación de las zonas de desprendimientos por medio de inyección de cemento, que al dejarlo fraguar y perforarlo después, consolida las paredes del sondeo; como último recurso se acude al revestimiento con tubería y reducción subsiguiente del diámetro del sondeo.

Ocurre algunas veces que el detrito producido por la corona es tan abundante y grueso, que cuando el sondeo está muy bajo no tiene fuerza la corriente de agua de inyección para expulsarlo, y queda en suspensión en las zonas inferiores del taladro; para evitar sus efectos se dispone encima del tubo de corrida otro tubo de igual diámetro que éste con aberturas superiores, por las que entra el detrito grueso y en él se deposita; dicho tubo se llama porta-detrito.

En resumen, la ejecución de un sondeo, en el caso más general de un terreno consistente y coherente, recubierto y alternante con otros sueltos o de poca consistencia, es la siguiente: exploración con tubería de hinca de 60 mm; entubación con tubería de mayor diámetro, 100 mm u 80 mm, hasta la profundidad explorada; limpieza de esta tubería hasta la profundidad de la zapata, observando si al llegar a ésta se pierde el agua en el interior del taladro; nueva exploración con tubería de 60 mm, anotando las hincas de ésta en cierto número de golpes; avance con trépano y entubación hasta la profundidad de avance; se continúa por este sistema, hasta que en la hinca en exploración o avance se observe el rechazo del terreno, en cuyo instante se hace la entubación hasta la profundidad del rechazo, y después de limpiar y comprobar el rebote franco de la tubería y de igualar con el trépano de cruz el fondo del taladro, se instala la sonda, se mete la corona y se prosigue con sondeo rotativo, observando la marcha de la máquina, la coloración del agua y el detrito que ésta expulsa en suspensión.

Tal es la descripción esquemática de la ejecución de un sondeo, algunas de cuyas particularidades han que-

dado al mismo tiempo apuntadas, omitiendo sus detalles por lo prolijo que resultaría su relato en este lugar.

Para terminar lo relativo a ejecución de sondeos diremos que los datos que invariablemente ha de anotar el sondista se hacen figurar ordenadamente en los partes de trabajo, cuyas observaciones constituyen, en algunas ocasiones, la parte más interesante.

Dedicaremos un próximo artículo a la interpretación del resultado de los sondeos.

Rodrigo CATENA
Ingeniero de Caminos

El paro y las obras públicas¹

III

Al examinar las disposiciones adoptadas, en relación con las recomendaciones de la Sociedad de las Naciones de desenvolver las obras públicas según un ritmo compensador de las fluctuaciones de la industria privada, por los países hasta ahora considerados —Francia y Alemania—, vimos, en la política de obras públicas de ambos, una ordenación compensadora que iba concretándose en los años anteriores a la guerra, rota al llegar ésta, restablecida en el período de reconstrucción subsiguiente y convertida, por último, en los momentos actuales, de máxima depresión económica general, en una intensa y forzada actividad, que trata de ser remedio o paliativo, al menos, del problema, cada vez más extenso, de los sin trabajo. Análogo cuadro —aunque con características que prestan interés a su consideración por separado— ofrece la cuestión en los países en que vamos a examinarla a continuación: Gran Bretaña, Suecia y Estados Unidos, terminando, con ellos, esta exposición, por países, del asunto.

Especialmente en lo que se refiere a la situación actual de éste, su aspecto en todos estos países había de ser, por fuerza, muy semejante. En todos ellos, como en el mundo en general, acaba el año en una profundísima depresión económica, que ha hecho crecer, en proporción hasta ahora sin precedente, la extensión del paro forzoso. Destacan en este aspecto la Gran Bretaña, que en los últimos siete años ha visto duplicarse el número de sus parados, de los que auxilia al presente 2 millones y medio —para una población de 46 millones—, y Alemania, con 63 millones de habitantes y 5 millones de parados, cifra esta última diez veces mayor que la análoga en 1924... Frente a tan grave situación, el mecanismo regulador que examinamos era obligado que, como en todos estos países ha sucedido, se viera convertido en una forzada actuación de auxilio.

Ello no resta interés a la cuestión que examinamos. El principio fundamental que la anima —y que no es sino una muestra feliz de la progresiva entronización de un criterio sistemático, científico, en la política de obras públicas— se ha incorporado a la legislación de los principales países, ha penetrado en la mentalidad de sus elementos rectores, y, cuando la presente depresión haya pasado, todo lo necesario —leyes y opinión— estará mejor dispuesto para que en la ordenación y ritmo de ejecución de las obras presida, cada vez más, ese criterio racional de subordinación a las conveniencias

económicas, y cada vez menos lo puramente político, que nada debiera tener que hacer en estas materias.

* * *

Gran Bretaña.—La Gran Bretaña es uno de los países en que la ordenación previsora de las obras públicas, no sólo se ha formulado como un principio de buen gobierno en la materia, sino que ha llegado a incorporarse a la legislación positiva, concretándose en leyes y disposiciones del Poder ejecutivo. Pero esta política, que se inició antes de la guerra y llegó a la constitución, durante los años prósperos anteriores a 1914, de una reserva destinada a financiar las obras ejecutadas en el período de depresión, se ha visto fundamentalmente perturbada por la situación del país después de la guerra y, en especial, en los meses últimos.

En 1909, la "Development and Road Fund Act" creó una Comisión encargada de fomentar, principalmente por medio de subvenciones, las obras públicas siguientes:

- a) Obras útiles a la agricultura e industrias rurales;
- b) Trabajos forestales;
- c) Saneamiento de terrenos;
- d) Transportes;
- e) Construcción y equipo de puertos;
- f) Construcción y mejora de vías de navegación interior, y
- g) Desarrollo y mejora de pesquerías;
- h) Y, en general, toda otra obra favorable al desarrollo económico del Reino Unido.

En esta última expresión se ampliaba el campo de acción abierto en los apartados anteriores a este organismo, hasta convertirle en gestor de la política de obras públicas del país. El artículo 18 de esta misma disposición preceptuaba que "al aprobar o conceder las consignaciones destinadas a obras que hayan de utilizar mano de obra numerosa, deberá tenerse en cuenta, todo lo posible, la situación económica general y las perspectivas que ofrezca el mercado de trabajo". Quedaban así sentadas en esta ley las bases de aplicación del sistema de la ordenación reguladora.

En el ejercicio de ella, esta Comisión constituyó, a principios de 1914, un fondo de reserva destinado a financiar obras cuando llegara el período de depresión. La guerra, como en los demás países, dió al traste con todo el sistema.

En la postguerra, la situación de la Gran Bretaña ha hecho más difícil, tal vez, que en ningún otro país el restablecimiento práctico de aquél. Los trastornos producidos por la inflación y, con más gra-

¹ Véase el número anterior, página 514.