

El sondeo en la construcción¹

III. INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS DE LOS SONDEOS

Es ésta la parte más interesante de los sondeos, por ser en la que ha de tener lugar la precisión con el mayor grado posible de las condiciones del terreno para que el sondeo fué requerido. Y aunque a primera vista pueda esto parecer cosa fácil, no lo es tanto en la práctica; el terreno a la acción del sondeo ofrece caracteres distintos de los que presenta bajo la acción de la obra en explotación, razón por la cual, por muy exactos que traduzcamos los resultados deducidos de un sondeo, haría falta saber la relación entre las características del terreno a la acción de la sonda y las que el mismo presenta en la realidad, y por ello procuraremos orientar en este sentido la interpretación del resultado de los sondeos.

En la interpretación distinguimos, por un lado, la clasificación del terreno atravesado, tomada ésta en el sentido de su composición mineralógica, que, en la generalidad de los casos, su mayor interés es el de la denominación de las capas, y por otro lado, la definición de sus condiciones mecánicas, físicas y, en ocasiones, químicas.

La clasificación del terreno atravesado por un sondeo se hace por el examen de los testigos obtenidos, auxiliados por la lente, por el tratamiento con algunos reactivos, y si preciso fuera, llegando a la preparación en placas para su análisis al microscopio. De esta manera damos a las capas el nombre con el que éstas figuran en los gráficos que acompañan a los informes.

La definición de las condiciones mecánicas, físicas y químicas son las de más interés para nuestro objeto, toda vez que las condiciones de resistencia al aplastamiento, estabilidad e impermeabilidad, son las que, no cualitativa, sino cuantitativamente, debemos dar a los peticionarios de un sondeo, porque decir que un terreno "tiene buenas condiciones de resistencia", "lo creemos impermeable", no es decir nada; es preciso decir: "aquí se puede cargar a 4, a 6, a 10 ó a 20 kilogramos/cm²", "el terreno es impermeable y se precisa una impermeabilización de tal extensión"; y si esto es difícil, por ello se acude a un servicio especial, en que el personal afecto, al cubrirse con el timbre de gloria de su especialización, debe corresponder, arrojando la responsabilidad que se contrae, con afirmaciones concretas.

La condición de resistencia al aplastamiento en aquellos terrenos que ofrecen donativos de testigo a la sonda se deduce por ensayos practicados en laboratorios sobre probetas obtenidas de dichos testigos, cortando éstos en trozos de altura igual al diámetro; el ensayo nos dará la carga de rotura de dichas probetas. Mas cuando el terreno no da testigo con el sondeo rotativo y aquél hay que obtenerlo, por tanto, con el sondeo de percusión, el que se obtiene por tal sistema presenta alteradas las condiciones reales de consistencia y coherencia del terreno, no siendo, por tanto, aplicable el ensayo anterior. En este caso, lo que se hace es anotar para cada profundidad de la explo-

ración las penetraciones en centímetros de la tubería de hincas bajo la acción de una serie de golpes (generalmente 20) con una maza de unos 50 kg, y con altura de caída de ésta variable en cada caso. Se observa que tales penetraciones de tubería son distintas, según la consistencia de los terrenos; pero no se puede concretar numéricamente la condición resistente mas que asimilando, por sus caracteres sensorios, los testigos obtenidos, por su composición, consistencia en el momento de la extracción, a terrenos análogos cuyas cargas se fijan, según el resultado de la experiencia, en textos de cimentaciones. El establecimiento de esa relación es muy personal, y la garantía de acierto es relativa, por depender de la experiencia adquirida en tal materia, resultando, por tanto, un problema pendiente de resolución, a la que se llegaría si a la experiencia de la práctica de sondeos se uniera el conocimiento de las condiciones reales que el terreno ofrece; es decir, si a los distintos niveles de la excavación en curso en un terreno sondeado se hicieran pruebas directas de resistencia, se podrá llegar a establecer para cada clase de terreno una relación entre los resultados de dichas pruebas y la conducta observada en el sondeo a la hincas de la tubería, y como consecuencia, para un terreno de determinados caracteres, al sondeo podremos llegar, con una estadística de tal experimentación, a fijar de una manera más concreta las cargas que al terreno se puedan transmitir.

Tal estadística tendría su aplicación en el grupo, quizá más importante, de las cimentaciones, cual es el de puentes, presas de derivación y edificios, pues los terrenos en que estas obras suelen apoyarse, reuniendo para ello buenas condiciones, quedan por debajo del límite a partir del cual se obtiene testigo con sondeo rotativo. Hemos observado arcillas y molasas miocenas que al llegar a un rechazo de 3 cm en 20 golpes de maza sobre la tubería de hincas de 60 mm empezaron a dar testigo con el sondeo rotativo, y las cargas de rotura a la compresión observadas sobre los extraídos fueron de 80 a 90 kg/cm², las más pequeñas que hemos observado en testigos obtenidos con corona. Pues bien, por debajo de este límite existe una escala de terrenos de variable consistencia, de cuyo conocimiento sólo puede formarse idea por el sondeo de percusión, y para completar esta idea, en el sentido de concretar las cargas a aplicar, es para lo que consideramos indispensable la estadística de que se ha hablado.

La condición de estabilidad la fijamos cualitativamente, en buena o mala, como consecuencia de la degradación que los terrenos puedan experimentar, bien por los agentes exteriores, bien por posibles reacciones químicas. La estimación de tal degradación la intentamos deducir de los testigos por como éstos llegan a nuestra observación y por las alteraciones, razonadamente posibles, que la acción prolongada de los agentes exteriores provoque sobre el terreno en cada caso.

Con los diferentes caracteres que observamos en los testigos pueden establecerse los siguientes grupos:

a) Grande y media proporción de testigos en relación a la longitud del sondeo. El diámetro de éstos es sensiblemente el del interior de corte de la corona.

¹ Véase el número anterior, página 9.

Corresponde a rocas compactas más o menos duras, granitos, pórfidos, calizas compactas, margas secundarias, maciños, etc., que, por regla general, reúnen excelentes condiciones en su más alto grado, excepto aquellas arcillas duras o margas arcillosas cuyos testigos, al secarse en las cajas, se ofrecen grieteados.

b) Pequeña proporción de testigos con diámetro de éste sensiblemente igual al del interior de corte de la corona: corresponde a rocas duras, fisuradas o coquerosas, cuarcitas y calizas, y algunas pizarras; la pequeña proporción de testigo es debida a la trituración por choques que sufren en el momento de corte y en el interior del tubo de corrida, según los planos de fácil fractura.

c) Pequeña proporción de testigo, con diámetro de éste muy reducido: corresponden a rocas blandas y generalmente homogéneas, arcillas, margas, molasas pliocenas; la escasa proporción de testigo es debida unas veces a su dilución por la corriente circulatoria del agua de inyección, y otras por desprenderse del tubo de corrida, accidente corriente por la disminución de diámetro, que le hace escapar a la acción del extractor.

d) Testigo obtenido en sondeo de percusión por exploración con tubería: corresponden a terrenos blandos o sueltos, como arcillas diluviales, detríticos, aluviones y fangos, que no dan testigos con el útil del sondeo rotativo porque el agua de inyección y, a lo sumo, los choques en el tubo de corrida lo disgregan, reduciéndolo a detritus, que es expulsado en suspensión por el agua.

e) Testigo obtenido por sondeo rotativo, de naturaleza yesosa, que a la vista se observa: corresponde a terrenos de yeso, bien en bancos de éste, bien entremezclados con margas y arcillas, constituyendo las llamadas *margas yesíferas*.

Los terrenos correspondientes a los grupos a) y b) los calificamos en el más alto grado de estabilidad, y esta condición coincide con la de altas resistencias; los del grupo c) son socavables, condición que es resultante de la pequeña coherencia y consistencia de la roca; el grado de socavabilidad de éstas es pequeño, y cabría deducirlo por ensayos de laboratorio en que se sometiera una roca de tal naturaleza a la acción de una corriente de agua animada de velocidad equivalente a la del fondo del cauce. Los del grupo d) son muy socavables; la profundidad de estas socavaciones pueden deducirse por analogía con las registradas en otros cursos de agua de igual naturaleza del lecho. Tal condición de socavabilidad altera la de resistencia, y hace falta, para conservar ésta, prevenirse de aquélla.

La presencia del yeso nos hará calificar de inestable el terreno de fundación de una obra, ya que la disolución y el entumecimiento son amenazas constantes de deformación del terreno por degradación o empujes.

La condición de impermeabilidad la deducimos por los resultados que arrojan las llamadas pruebas de impermeabilidad que se practican sobre los sondeos. Dichas pruebas son de dos clases: unas, a presión atmosférica, y otras, a presiones superiores a ésta.

Se llevan a cabo dichas pruebas inyectando agua en el sondeo y midiendo la cantidad que es preciso inyectar, bien para mantener el nivel de agua en la boca del sondeo en el caso de presión atmosférica, bien para mantener constante una presión de 5, 10 ó 15 at-

mósferas, que suelen ser los tipos de presión corrientemente empleados.

El ensayo de pérdida de agua a presión atmosférica nos da una cifra que, para una profundidad determinada, es la integral de todas las pérdidas del taladro a las diversas profundidades, y como éstas son conocidas, puesto que se practican constantemente, siempre puede obtenerse, por diferencia, la pérdida de agua en un punto dado; esta pérdida puede ser nula, bien porque el nivel de agua se conserve en la boca sin necesidad de inyectar, bien porque a partir de una profundidad la cantidad de agua inyectada sea constante.

Las pruebas a presión superior a la atmosférica se llevan a cabo entre el fondo del taladro en un momento dado y el punto de aquel en que se desee, colocando para ello en éste un obturador, que por medio del varillaje va unido a la bomba de inyección de agua, acoplándose a ésta el manómetro indicador de presión.

Por medio de estas pruebas debemos clasificar la impermeabilidad de los terrenos.

A la presión atmosférica suelen apreciarse, bien diferenciados, los terrenos impermeables, medianamente permeables y permeables. Cuando el cierre de la tubería de revestimiento es perfecto, hemos observado arcillas y margas homogéneas en las que el agua se mantenía al nivel de la boca del sondeo; dicho nivel descende lentamente en areniscas y rocas impermeables por los lechos de estratificación de éstas, y tal descenso es rápido en las rocas coquerosas o fisuradas.

En cambio, en las pruebas a presión superior a la atmosférica, salvo el caso extremo que por el grado de fisuración o por las coqueras de la roca el manómetro no llega a marcar presión, existe toda una escala de pérdidas, que en muy rara ocasión ha llegado a ser nula, y que plantea el problema de a qué límite de pérdida hemos de considerar que el terreno es prácticamente impermeable.

Del mismo modo que cuando hablamos de la línea de tubería, podemos decir aquí que se precisa una estadística del comportamiento de distintos terrenos a los escapes de agua, para relacionar, con las pérdidas acusadas en los sondeos practicados en aquéllos.

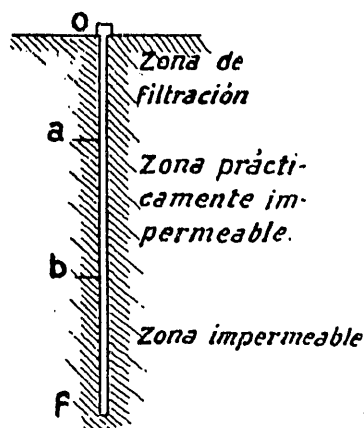
En tanto no se disponga de dicha estadística, y no habiendo encontrado en textos ninguna indicación para este límite, nosotros nos hemos fijado los siguientes:

Admitimos como terreno impermeable, según la vertical de un sondeo, aquel a partir del cual a la presión de 10, 15 ó 20 atmósferas (doble aproximadamente de la máxima que en la explotación se proyecte para el terreno) nos da absorciones de 10 litros por minuto y metro cuadrado, que corresponden a 2 y 1,5 litros por minuto y metro lineal de taladro de 60 y 48 mm de diámetro, respectivamente.

Consideramos como zona de filtración la comprendida entre la superficie y el punto del sondeo a partir del cual las absorciones a la presión máxima de la obra son inferiores a la misma cifra de 10 litros por minuto y metro cuadrado.

De este modo, si *of* es la vertical representativa del eje de un sondeo, quedará dividida en tres zonas, con arreglo a los límites definidos, de la siguiente manera: *oa*, con absorciones superiores a 10, 1/m y m² a la presión máxima de la obra que se proyecta; *ab*, con absorciones superiores a la misma cifra de 10, 1/m

y m² a presión doble de la máxima indicada; *bf*, con absorciones inferiores a los mismos límites de la anterior.



Considerando que de los pequeños caudales de agua que suponen las absorciones en las zonas *ab* y *bf* ha-

bría que deducir las pérdidas que por acoplos y empalmes del varillaje y bomba tienen lugar, así como la pequeña absorción que por imbibición siempre presenta el terreno, como lo demuestra el hecho de que, prolongado el tiempo de prueba, disminuye aquella absorción, llegamos a la conclusión de considerar dichas zonas como impermeables, y, a lo sumo, la *ab*, consideramos llegaría a colmatarse completamente por las turbias, infiltradas. En cambio, la zona *oa*, que llamamos de filtración, es la que nos define la profundidad recomendable a la que deben llegar las inyecciones para impermeabilizar la masa de roca subyacente.

De todo lo dicho en la interpretación del resultado de los sondeos, deducimos los datos para la formación de los perfiles geológicos de las ubicaciones sondeadas, formulando las pertinentes conclusiones para cada caso, y con objeto de que pueda relacionarse cuanto hemos dicho sobre los sondeos de reconocimiento, daremos a conocer, cuando nos sea posible, algunos informes sobre el resultado de los sondeos en algunos emplazamientos.

Rodrigo CATENA
Ingeniero de Caminos

El paro y las obras públicas¹

IV

La ordenación reguladora de las obras públicas según un ritmo compensador de las fluctuaciones del ciclo económico ofrece dificultades principalmente de carácter administrativo y de carácter financiero.

Unas y otras —más especialmente las de índole financiera— explican los múltiples casos en que, aun en los países más progresivos, se ha visto, en la política práctica de obras públicas, desatendido este principio regulador, no obstante su justificación doctrinal, su sencillez, su eficacia para prevenir y para reducir el paro forzoso y las recomendaciones reiteradas de que ha sido objeto por parte de la Sociedad de las Naciones.

* * *

En el terreno administrativo, estas dificultades derivan, en primer término, de la multiplicidad de entidades que tienen a su cargo obras públicas. Las correspondientes al Estado corren, en general, a cargo de un Ministerio único; pero sólo en parte: en muchos países, ciertas obras corresponden a órganos dependientes de ese mismo Ministerio, pero ampliamente autónomos; otras, por su índole especial —militares, navales, sanitarias—, están a cargo de otros Ministerios, o han de ser, al menos, ejecutadas a iniciativa de éstos y en fechas y plazos por ellos fijados. Esta multiplicidad de organismos gestores de las obras públicas a cargo del Estado central se agrava en los países federales con las obras a cargo de los Estados que los constituyen. En aquéllos, y también en los Estados unitarios, existen, además, obras a cargo de las provincias o departamentos, y obras a cargo de los Municipios. Por último, la ejecución de importantes obras públicas depende también de las entidades concesionarias o gestoras, en una u otra forma, de servicios públicos.

La ordenación reguladora exige, claro está, una coordinación y una actuación armónica de todos estos organismos gestores. Esta coordinación se ha venido obteniendo, en la mayoría de los países que aplican la ordenación reguladora, en primer término, a través de instrucciones y recomendaciones emanadas de los respectivos Ministerios más calificados; además, y con mayor eficacia, mediante la regulación de los medios financieros puestos por el Estado a disposición de las otras entidades subordinadas.

Aparte estos medios de coordinación de actuaciones, en muchos países se han estudiado y en varios se han instituido organismos centrales dotados de las facultades precisas para establecer esa coordinación de un modo efectivo y directo. Así, en Alemania se han creado, en los Estados unitarios que la constituyen (*Länder*), oficinas encargadas de coordinar las propias obras públicas y adquisiciones de materiales con las de los otros Estados. Estas oficinas dependen todas de un organismo central (*Ausgleichsstelle der Länder*), afecto al Ministerio de Economía del Reich. En los Estados Unidos, el *Employment stabilization Board*, de que se ha hecho mención, constituye un arquetipo de estos organismos centrales reguladores. En la Gran Bretaña actúa en este sentido el *Unemployment Grants Committee*, pero su influencia se ejerce sólo por modo indirecto, a través de la ayuda financiera. En Italia, donde no existe un organismo permanente de esta índole, es corriente, en los últimos años, la reunión de Comisiones interministeriales con esta finalidad coordinadora. Por último, en Francia esta misión va siendo realizada por el Consejo Nacional de Economía.

Junto a esta dificultad primordial, derivada de la necesidad de coordinar múltiples actuaciones en la materia, ofrece la ordenación reguladora otras dificultades de orden administrativo: problemas derivados de