

GEOLOGÍA APLICADA A LA CONSTRUCCIÓN

III

Condiciones del terreno en el río Tajo (Cáceres), para una presa de 45 m. de altura en "Tajadilla Baja".

Por RODRIGO CATENA, Ingeniero de Caminos.

Terminamos con este tercer artículo la interesante serie de aplicaciones de la Geología a la construcción, y se desarrolla en él un importante estudio, por medio de sondeos, acerca de la posible ubicación de una presa. Los tres ejemplos escogidos por el autor con gran acierto, y que hemos presentado en distintos números, ponen de manifiesto la necesidad que tienen los proyectistas y constructores de recurrir al asesoramiento geológico.

Descripción de la zona.

En el Km. 27 de la carretera de Plasencia a Trujillo se halla el puente del Cardenal, con el que dicha carretera cruza el río Tajo; como a unos 200 metros aguas arriba de este puente se juntan las aguas de los ríos Tiétar y Tajo, y, próximamente, 350 metros aguas arriba de tal confluencia se halla la faja de terreno en la que se practicaron sondeos para la presa que nos ocupa; esta faja, comprendida entre la expresada confluencia y el collado denominado "Tajadilla Baja", fué estudiado para elegir entre él y otros de aguas arriba.

Discorre el río Tajo por nuestra ubicación de sondeos y aguas arriba y abajo de ésta, encajado en un tramo recto labrado en esquistos satinados y duros, muy resistentes a la erosión, cuya dirección forma un ángulo muy agudo con la del cauce y cuyo buzamiento es de unos 40° de derecha a izquierda. En la angostura del cauce y ladera derecha aparecen bien marcadas dos direcciones de diaclasas, con ángulo de unos 60°, con la dirección de estratificación, las unas, y normales a la dirección de buzamiento, las segundas; estas diaclasas suelen estar rellenas de cuarzo, y en sus intersecciones con los lechos de estratificación dibujan una retícula de malla romboidal, que, a simple vista, se aprecia en los desmantelados lisos de estos esquistos.

Las rocas de nuestra zona son de coloración azuladooscuro y están constituidas por cuarzo, feldespato y mica, como elementos alógenos, y según la proporción con que éstos integran la roca y su comportamiento en el sondeo, clasificamos ésta en pizarras, filadíos, esquistos con inclusiones muy cuarzosas y areniscas pizarreñas y calíferas. En los lisos, se observa gran cantidad de pirita de hierro en octaedros, que, por su descomposición, tiñen la roca de manchas parduscas y amarillentas.

Hemos encontrado en los lisos cuarzosos de nues-

tro emplazamiento, impresiones de algas, sin que podamos referir ningún otro vestigio fósil que nos permita la clasificación cierta que en la escala de formaciones geológicas ocupa la de nuestra ubicación.

Unos kilómetros aguas abajo de nuestros sondeos, existe una corrida de cuarcitas, en las que está situado el Castillo de Monfragüe; en las praderas existentes bajo estas cuarcitas se han encontrado Cruzianas e impresiones de algas (*Scolithus*), lo que sitúa entre los dos primeros terrenos paleozoicos la formación geológica de que se trata, y si a esto unimos los caracteres tectónico y petrográfico ya expuestos, nosotros, en tanto que un estudio paleontológico más fundamentado no nos demuestre lo contrario, clasificaremos como cámbrica la faja de nuestros sondeos, por las razones siguientes: 1.ª Porque la existencia de los fósiles anotados, aun denunciando el tramo ordoviciense de la época silúrica, para las cuarcitas de Monfragüe, no quiere decir que los esquistos de nuestra faja, inferiores a ellas, no sean cámbricos. 2.ª Porque los esquistos cámbricos parecen, generalmente, más silíceos que los silúricos y se ofrecen más oscuros y de mayor dureza, observándose en ellos una mayor intensidad de las acciones metamórficas; el buzamiento de los estratos es menos fuerte en los cámbricos como consecuencia de la mayor amplitud de los pliegues de este sistema; no se aprecian tampoco en esta zona fallas ni roturas, que en el silúrico son frecuentes, no sólo por los mayores plegamientos de éste, sino por la menor elasticidad de sus rocas, ya que "no tienen, ni con mucho, en el cámbrico, el desarrollo que en el siluriano", dice Mallada hablando de las cuarcitas.

Todas estas consideraciones, aunque aisladamente no sean definitivas de uno de los sistemas, forman un conjunto coincidente que hace respirar, al que suscribe, un ambiente cámbrico en cuanto se pasan las cuarcitas de Monfragüe en dirección al puente de Cardenal.

Elección de sondeos: Situación y profundidad.

En la faja de terreno que acabamos de describir y que, como hemos dicho, se halla a unos 350 metros de la confluencia del Tiétar con el Tajo, se marcaron cuatro alineaciones, todas ellas próximamente normales a la dirección de la cerrada, y paralelas entre sí las dos intermedias; corresponden éstas a las posiciones de dos planos entre los que habría de quedar planteada la presa y las alineaciones extremas a las situaciones respectivas de las ataguías de aguas arriba y aguas abajo.

Todos los sondeos practicados quedan situados dentro de dichas alineaciones, excepto el núm. 17, que corresponde a un punto del collado denominado "Tajadilla Baja", en que es mínima la distancia en planta de los dos ríos.

Por razón de su objeto, formamos dos grupos con los sondeos practicados, incluyendo en uno los *maestros o de exploración a fondo*, para determinación de las propiedades de la roca, y comprendiendo en el otro los *someros o superficiales*, con los que sólo se persiguió el conocimiento de los espesores de acarreo que recubren la roca, y, por consiguiente, el de las profundidades de ésta con miras a la cimentación de las obras.

Los sondeos maestros practicados fueron en número de siete, y son los marcados con los números 1, 2, 3, 4, 5, 16 y 17. Corresponden los números 1 y 2 al centro del cauce del río, en los perfiles I y II; respectivamente; el número 3 corresponde al punto de la ladera izquierda, en que se observa un cambio de la pendiente de ésta, y está también en el perfil I, lo mismo que los 4, 5 y 16; el número 5 corresponde a la margen derecha y está a muy poca altura sobre la línea de agua estival, resultando, por tanto, su boca inundada a las menores crecidas; los números 4 y 16 corresponden a los puntos de cada ladera, de cota

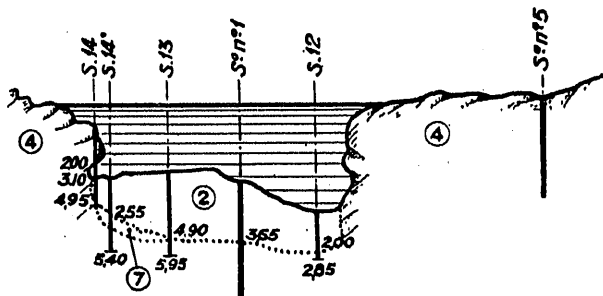
aproximada a la de la coronación de la presa que se proyecta. El reconocimiento de las condiciones de continuidad, resistencia, compacidad, dureza e impermeabilidad de la masa litológica subyacente, es, como hemos dicho, el objeto de estos sondeos maestros, considerándolos necesarios, por corresponder a puntos notables del terreno y suficientes, dada la uniformidad de naturaleza y estratificación de las rocas de esta zona. La profundidad a que se ha llegado en estos sondeos, es función, en su mayor parte, de la condición de impermeabilidad, pues excepto la del número 17, que se fijó *a priori*, por considerar interesante el conocimiento del terreno en toda la altura desde el collado hasta el nivel de los dos ríos, en los demás se fijaron por la condición de que los coeficientes de absorción fueran inferiores a los que la práctica de estos trabajos aconseja, en zonas de 5 metros a partir de los 20 m., que fijamos como mínimo de longitud, a cada sondeo. Y llamando coeficiente de absorción la cantidad de agua, en litros por minuto y metro cuadrado, que absorbe una determinada zona del taladro, a una también determinada presión, nosotros hemos fijado el citado límite en diez litros por minuto y metro cuadrado a la presión constante de 10 atmósferas.

Los sondeos someros están repartidos en las cuatro alineaciones descritas; su número es de 16 y todos están situados en el cauce mojado del río, correspondiendo: los números 6, 7, 8, 9, 10 y 11, del perfil II, y los 12, 13, 14 y 14', del perfil I, a la determinación aproximada del cubo de cimientos de la presa de embalse, y los 18, 19 y 20, del perfil III, y 21, 22 y 23, del IV, al conocimiento del programa de cimentación de las respectivas ataguías. Las profundidades de estos sondeos se han fijado por la condición de obtener un testigo de roca que acusara la profundidad exacta de la que consideramos firme.

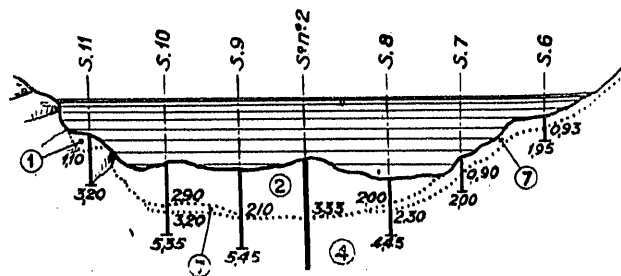
Cortes en el Rio Tajo

Escala 1:500

En el perfil I



En el perfil II



Descripción de sondeos.

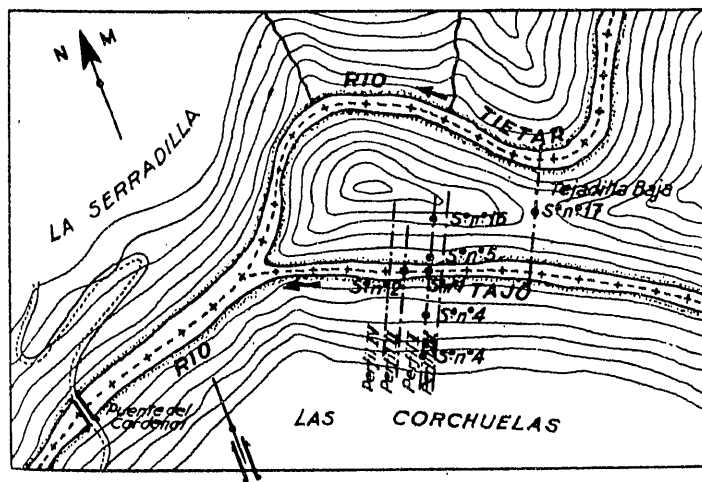
Sondeos maestros. — En los gráficos correspondientes se insertaron con todo detalle las profundidades y espesores a que se encuentran las diferentes clases de roca, determinadas éstas, aparte de la observación directa de los testigos extraídos por la distinta marcha de la sonda y por la coloración im-

presa al agua de inyección por el detritus producido por la corona. Se anotan, asimismo, en dichos gráficos, los diámetros del taladro, las profundidades diarias del agua en el interior del mismo al empezar el trabajo y las proporciones de testigo obtenido, formando con éstas el gráfico de porcentajes correspondiente para cada sondeo.

Es análoga, en los diferentes sondeos, la masa general de roca; es decir, que solamente oscila entre pizarra, filadío y esquistos con inclusiones cuarzosas; únicamente se encuentran unos estratos de arenisca pizarreña y calífera a las profundidades de 1,50 a 2,90, de 4,65 a 4,80 y de 12,00 a 12,25, en el son-

Groquis de la situación de los sondeos

Escala 1:15.000



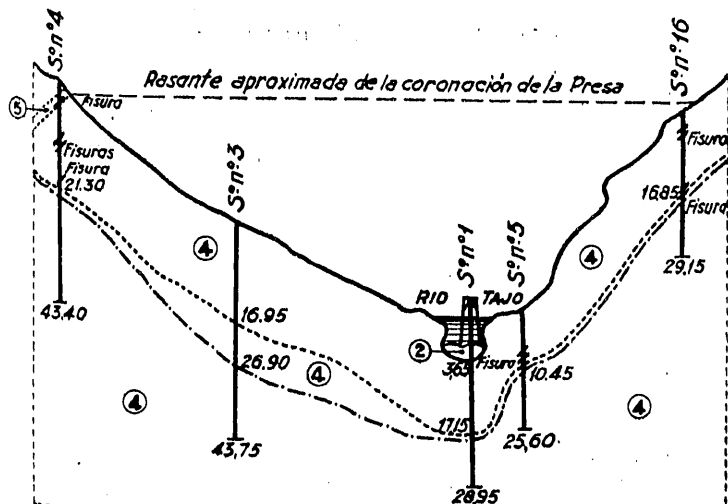
--- Contorno del terreno impermeable

..... Limite de la zona permeable

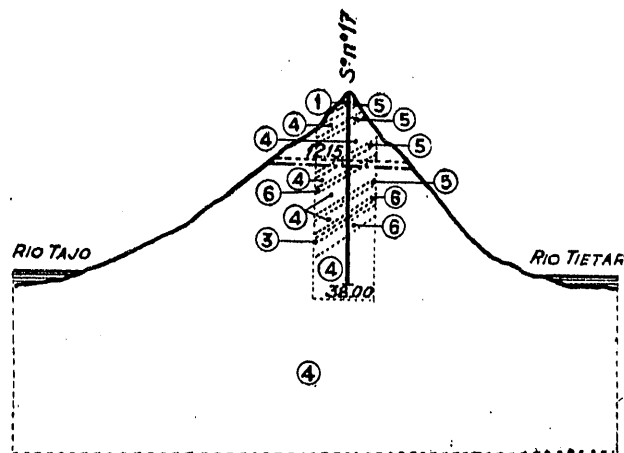
- ① Tierras
- ② Acarreos
- ③ Arcilla en bolsada
- ④ Esquistos y esquistos metamórficos
- ⑤ Grauwacha - Arenisca pizarrena y calífera
- ⑥ Cuarzo
- ⑦ Pizarra descompuesta

Cortes hipotéticos del terreno

En la línea de sondeos practicados en el perfil I



En el perfil Collado "Tejadilla Baja"



deo 17 y a las de 0,75 a 2,90 y de 3,75 a 4,15, en el número 4; también se atravesaron zonas de cuarzo cristalizado en casi todos los sondeos, pero con espesor pequeño, excepto en el sondeo 17, en que tales espesores fueron mayores: de 11,40 a 15,10 y de 25,60 a 30,65 metros.

No se apreció solución de continuidad en ninguno de los sondeos practicados, más que una de 4 cm. a los 3,20 metros de profundidad, en el sondeo 4, y otra de igual longitud en el sondeo 17, a los 26,72 metros.

La disminución de porcentaje de testigo que se observa en los sondeos 3, 4 y 17, es debida a la influencia de la sonda motor, que, dotada de mayores revoluciones que la sonda a mano, destruye una mayor cantidad de testigo de la frágil roca.

No se observaron fisuras con pérdidas apreciables de agua, más que en los sondeos 4, 5 y 16, ocurridas a las profundidades de 3,20, 11,73, 15,55 y 20,65 metros, en el número 4; a las de 9,45 y 10,45 metros, en el número 5, y a las de 4,10, 5,50 y 16,85 metros,

en el número 16. Aforadas que fueron estas fisuras, se taparon con lechada de cemento, operación que siempre se consiguió con eficacia y facilidad.

Sondeos someros. — Fueron practicados todos ellos con plataforma colgada, y del mismo modo que los anteriores, se anotaron en los gráficos correspondientes la marcha y detalles de la operación.

* * *

Con las características principales de los sondeos practicados, hemos formado el adjunto cuadro, en el que figuran: las ordenadas de la boca y del fondo, la longitud del sondeo y los espesores del taladro en acarreos, con corona de 62 mm. y con corona de 48 mm.

Resulta una longitud de sondeo practicado de 290,02 metros, de los cuales corresponden 44,22 metros a espesores de acarreos, y los 245,80 metros restantes, a espesor taladrado en roca.

CUADRO SINTÉTICO DE LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS SONDEOS PRACTICADOS

SONDEOS		ORDENADAS		Longitud del sondeo	ESPESOR DEL TALADRO		
		De la boca	Del fondo		En acarreos	Con corona de 62	Con corona de 48
Maestros.	1	186,36	157,41	28,95	3,65	3,30	22,00
	2	187,64	164,64	23,00	3,50	6,28	13,22
	3	208,09	164,34	43,75	1,00	3,10	39,65
	4	237,28	193,88	43,40	"	39,20	4,20
	5	192,46	166,86	25,60	"	2,30	23,30
	16	231,03	201,88	29,15	"	19,00	10,15
	17	227,04	189,04	38,00	1,25	24,40	12,35
Someros.	6	109,76	188,81	1,95	"	0,93	1,02
	7	187,99	185,64	2,35	"	0,90	1,45
	8	186,81	182,36	4,45	2,30	"	2,15
	9	186,81	182,36	4,45	2,30	2,15	"
	10	187,74	182,39	5,35	3,20	2,15	"
	11	189,56	186,36	3,20	1,10	2,10	"
	12	184,16	181,31	2,85	2,40	0,45	"
	13	186,96	182,01	4,95	3,90	1,05	"
	14	190,29	185,34	4,95	0,20	4,75	"
	14'	186,81	181,41	5,40	3,20	2,20	"
	18	187,72	186,72	0,95	0,60	0,35	"
	19	188,30	184,76	3,54	3,05	0,49	"
	20	188,72	188,34	0,38	"	0,38	"
	21	190,25	190,15	0,10	"	0,10	"
	22	187,70	179,45	8,25	7,75	0,50	"
	23	187,82	182,77	5,05	4,82	0,23	"
SUMAS.				290,02	44,22	116,31	129,49

Pruebas de impermeabilidad.

Sólo se llevaron a cabo éstas en los sondeos maestros y durante el curso de su ejecución.

Las diversas pruebas realizadas son de dos clases: unas se hicieron a la presión atmosférica y otras a las manométricas de cinco y diez atmósferas, observando para todas ellas el caudal de absorción referido al minuto y metro lineal y deduciendo de éste el correspondiente al minuto y metro cuadrado, ya que los números deducidos para esta clase de unidad se prestan a una mejor comparación entre sí, dada la diferencia de diámetro con que los taladros se practicaron.

Las pruebas a presión atmosférica observadas afectaron a toda la longitud del sondeo comprendido entre la boca y los fondos parciales; puede decirse que la absorción en tales condiciones es la integral de las absorciones parciales que corresponderían a las sucesivas zonas aisladas del mismo. La manera de efectuar esta prueba fué inyectar agua por la boca del sondeo, de forma que el nivel de ésta se mantuviese constante en la boca durante un cierto tiempo.

Las pruebas practicadas a presiones de cinco y diez atmósferas se hicieron colocando el obturador a cinco o diez metros del fondo, inyectando a las presiones dichas y anotando el caudal inyectado con cada presión.

Los datos obtenidos en cada una de las pruebas descritas los hemos reunido en el cuadro de la página siguiente, en el que figuran para cada zona de los diversos sondeos las absorciones correspondientes a cada clase de prueba. Por medio de llamadas se hace resaltar las fisuras encontradas, para las que se anotan también los caudales por ellas absorbidos.

Naturaleza de los terrenos encontrados.

Los acarreoos están formados por gravas, gravillas y arenas de naturaleza silíceas, en consonancia con su procedencia granítica y cuarcítica de las cuencas de aguas arriba de esta ubicación; los espesores pequeños que se han registrado, para este manto de aluviones, muestran la característica de tramo de transporte del río en este emplazamiento. Estos materiales son excelentes para la fabricación de hormigones.

Pizarras y filadios. — Estas dos clases de rocas, que forman el grupo de esquistos, constituyen la mayor parte de la litología de nuestra ubicación, siendo de difícil distinción por sus caracteres sensorios, pues ya sabemos que su diferencia esencial es la de hacer pasta trabada con el agua los primeros. Son de coloraciones oscuras, azuladonegruzcas, con lustre tan marcado que pueden decirse bruñidos (frase hecha para estos esquistos en textos de Geología), y en ellos se aprecia igualmente su textura foliácea y su fra-

gilidad, siendo precisamente la dirección de esquistosidad la de fácil fractura, y motivando esta condición, unida a la inherente mayor brusquedad de marcha de la sonda motor, el notable descenso de porcentaje de testigo extraído que figura en los sondeos 3, 4 y 17, practicados con dicha sonda. La distinción entre pizarra y filadios la hemos hecho teniendo en cuenta el comportamiento en el sondeo, y así clasificamos como pizarras las que se ofrecen con menos resistencia a la perforación y su detritus imprime coloración negruzca al agua de inyección, y denominamos filadios a los que ofrecen más resistencia a la perforación y su detritus tiñe de gris el agua. El peso específico de las pizarras difiere muy poco del de los filadios, obteniéndose para éstos un peso de 2,75 Kg./dm.³, y para aquéllas el de 2,65 Kg./dm.³.

Esquistos con inclusiones cuarzosas. — Puede decirse que constituyen éstos una roca heterogénea intercalada entre las pizarras y filadios, y cuya formación es debida a las acciones metamórficas que con intensidad variable obran en los diversos puntos; la profusión de las inclusiones cuarzosas en la masa del esquisto ofrecen, en la sección de corte de la corona de diamante, resistencia desigual, que determina la marcha, con rebote de la sonda, lo que, unido a la coloración gris clara con que se tiñe el agua de inyección y al examen del testigo, nos ha servido para diferenciar esta clase de roca. El peso específico de ésta es de 2,54 Kg./dm.³, que resulta un poco inferior al de los filadios y pizarras, y que está justificado por la menor compacidad que a simple vista se aprecia en el testigo.

Areniscas pizarreñas y calíferas. — Denominamos así a la roca encontrada de coloración grisácea y estructura granuda, si bien con el auxilio de la lente se aprecian orientados sus elementos, y que produce una débil reacción con el CIH. No se rayan con el acero y su peso específico es de 2,39 Kg./dm.³. Es una roca muy parecida a la grauwacka, y así hubiera podido denominarse, pero para evitar indeterminaciones, la designamos más que por su nombre por su definición. Los estratos encontrados son tan escasos, que, aun reuniendo excelentes condiciones para mampositería, no convendrá su explotación.

Cuarzo. — Se presenta con bastante profusión en venas y filones, rellenando los huecos comprendidos entre las diaclasas de la roca; generalmente, son de poco espesor, habiéndose encontrado dos filones de una longitud de 3,70 metros uno y de 5,05 metros el otro en el sondeo 17, longitudes que son debidas al pequeño ángulo de la vertical del sondeo con la dirección del sistema de diaclasas transversal al valle. El cuarzo se presenta en amontonamientos de cristales de prismas bipiramidados, ofreciendo geodas características de toda cristalización.

CUADRO SINTÉTICO DE LAS PRUEBAS DE IMPERMEABILIDAD REALIZADAS

PRUEBA					ABSORCIONES			
sondeos	Número	PROFUNDIDADES		Espesor de la zona probada	PRESIÓN DE 10 ATMÓSFERAS		PRESIÓN DE 5 ATMÓSFERAS	
		Del sondeo	Del obturador		Por minuto y m. l.	Por minuto y m. ²	Por minuto y m. l.	Por minuto y m. ²
1	1	11,15	4,75	6,40	no pasa de 8 atmósferas		1,85	11,50
	2	17,50	11,50	6,00	"		1,60	10,60
	3	22,45	17,45	5,00	1,09	7,26	0,95	6,29
	4	28,95	18,85	10,10	0,68	3,76	0,09	0,50
2	1	9,78	4,60	5,18	"		no se consigue presión	
	2	9,78	5,18	4,60	"		2,48	13,17
	3	15,85	10,55	5,30	"		2,86	15,80
	4	23,00	17,70	5,30	1,52	10,00	0,76	4,20
3	1	7,00	1,95	5,05	"		no se consigue presión	
	2	12,00	6,95	5,05	3,70	24,50	2,45	16,25
	3	16,85	11,85	5,00	3,74	24,76	2,98	19,73
	4	22,00	16,85	5,05	2,44	16,16	1,42	9,40
	5	28,00	22,95	5,05	3,54	23,45	1,50	10,00
	6	32,00	26,90	5,10	0,56	3,70	0,20	1,32
	7	37,00	31,90	5,10	0,70	4,70	0,40	2,66
	8	43,75	33,65	10,10	0,29	1,92	0,19	1,25
4	1	3,20	fisura	"	"		"	
	2	8,70	3,75	4,95	"		"	
	3	11,73	fisura	"	"		"	
	4	15,55	fisura	"	"		"	
	5	20,65	fisura	"	"		"	
	6	31,40	21,30	10,10	1,29	6,61	0,87	4,46
	7	39,20	29,10	10,10	0,85	5,66	0,50	3,33
5	8	43,40	33,30	10,10	0,44	2,93	"	
	1	6,20	1,20	5,00	1,38	8,71	0,53	3,34
	2	9,45	fisura	"	"		"	
	3	10,45	fisura	"	"		"	
	4	17,80	7,69	10,11	0,09	0,60	0,05	0,30
16	5	25,60	15,50	10,10	0,39	2,58	0,10	0,66
	1	4,10	fisura	"	"		"	
	2	5,50	fisura	"	"		"	
	3	14,35	9,50	4,85	"		"	
	4	16,85	fisura	"	"		"	
17	5	26,40	16,29	10,11	0,15	0,99	0,05	0,33
	6	29,15	19,94	9,20	0,16	1,06	0,10	0,66
	1	12,25	2,15	10,10	"		"	
	2	22,25	12,15	10,10	1,28	6,80	0,79	4,20
	3	27,95	17,75	10,20	1,04	5,79	"	
	4	38,00	27,70	10,30	1,03	5,69	"	
	5	38,00	32,80	5,20	0,40	2,21	0,20	1,10

(1) Absorción total de más de 26 litros por minuto a presión atmosférica.

(2)	"	"	26	"	"	"	"
(3)	"	"	30	"	"	"	"
(4)	"	"	26	"	"	"	"
(5)	"	"	26	"	"	"	"
(6)	"	"	26	"	"	"	"
(7)	"	"	26	"	"	"	"
(8)	"	"	26	"	"	"	"
(9)	"	"	26	"	"	"	"
(10)	"	"	30	"	"	"	"
(11)	"	"	30	"	"	"	"
(12)	"	"	30	"	"	"	"
(13)	"	"	30	"	"	"	"
(14)	"	"	15,64	"	"	"	"

(surgiendo por la ladera 45 mts. aguas abajo).

Impermeabilidad.— Hemos fijado en lo que precede para cada una de las rocas las condiciones de estructura, resistencia y peso específico, dejando la condición de impermeabilidad que tan principalmente interesa, para tratarla por separado, si bien, al hacerlo, la referimos a toda la extensión del haz litológico, constituido por las rocas descritas, pues tanto como la impermeabilidad de los diversos estratos importa la del conjunto de éstos, por la manera como se hallan soldados, según sus planos de junta.

La definición concreta de la impermeabilidad vamos a deducirla de las consideraciones que nos ofrece el examen del cuadro resumen de las pruebas practicadas, partiendo para ello de las hipótesis siguientes:

a) Consideramos como terreno impermeable, según la vertical de un sondeo, aquel cuyo coeficiente de absorción a la presión de diez atmósferas es inferior a diez litros por minuto y metro cuadrado.

b) Zona permeable, según la vertical de un sondeo, es aquella que a la presión máxima del proyectado embalse (cinco atmósferas aproximadamente) ha dado coeficientes de absorción superiores a diez litros por minuto y metro cuadrado.

Están basadas estas hipótesis en que, según la experiencia, cuando las absorciones de un sondeo son inferiores al límite apuntado, que corresponde a 1,51 y 1,95 litros por minuto y metro lineal de sondeo para los respectivos diámetros de éste de 48 y 62 milímetros, parte del caudal inyectado escapa por las inevitables fugas del manguito de cierre y uniones de bomba con acoplos y varillaje, mientras otra parte es absorbida por la roca. Resulta este caudal de absorción sumamente pequeño y prácticamente despreciable, porque las turbias de las aguas infiltradas colmatarán la red de filtración.

Sentadas estas hipótesis, al examinar el cuadro ya dicho se deduce:

1.º Que el terreno impermeable se encuentra en los sondeos 1, 2, 3, 4, 5, 16 y 17 a las profundidades respectivas de 17,45, 17,70, 26,90, 21,30, 10,45, 16,85 y 12,15 metros.

2.º Que las profundidades de la zona permeable vienen dadas en los mismos sondeos por los respectivos números de 17,45, 17,70, 16,95, 21,30, 10,45, 16,85 y 12,15 metros.

Perfiles del terreno.

Sobre los perfiles topográficos que definen las líneas en que están situados los sondeos, se han dibujado las verticales representativas de éstos, en las que hemos llevado los resultados obtenidos, formando de esta manera los perfiles que definen el subsuelo de la zona sondeada.

En escala 1/100 se representan los perfiles del cauce según las cuatro alineaciones indicadas en el plano de situación de los sondeos. En dichos perfiles

quedan dibujados los contornos de la roca firme según los datos deducidos de los sondeos, y sirven, por tanto, de base para el cálculo aproximado del cubo de cimientos. Los perfiles I y II corresponden a las alineaciones paralelas entre las que, en su caso, quedará replanteada la presa de cierre, y como los sondeos se encuentran en ambos perfiles igualmente distanciados, podrían deducirse también otros paralelos al cauce del orden de los que suelen hacerse para las cubicaciones de macizos de esta índole. Los perfiles III y IV corresponden, como ya dijimos, a las posiciones de las respectivas ataguías de aguas arriba y abajo.

En escala 1/1 000 para horizontales y 1/500 para verticales, representamos el perfil completo que ha de ocupar la presa de embalse, en el que figuran los sondeos 1, 3, 4, 5 y 16; sobre las verticales representativas de éstos hemos situado las fisuras encontradas, así como los bancos de arenisca pizarrea y calífera del sondeo 4 y el espesor de acarreo del número 1; no se representan por separado las otras clases de rocas porque ya se hicieron figurar con todo detalle en los gráficos, bastando aquí con su agrupación bajo la denominación de esquistos y esquistos metamórficos. Se anotan igualmente las profundidades del terreno impermeable y las de la zona permeable, y suponiendo que la meteorización y profundidad de las diaclasas no soldadas afecte de un modo uniforme a los puntos comprendidos entre cada dos sondeos de este perfil, podemos fijar el terreno impermeable y la zona permeable a lo largo del tal perfil uniendo con líneas continuas los puntos deducidos por el resultado de los sondeos. La línea de trazo grueso representa el terreno impermeable, y la de trazo y punto, el límite de la zona permeable.

En iguales escalas a las anteriores se representa, finalmente, un perfil por el collado "Tajadilla Baja", en el que está situado el sondeo 17, y del mismo modo que en el anterior, se marcan las líneas de terreno impermeable y de límite de la zona permeable que aquí resulten coincidentes.

Conclusiones.

Como resumen de todo lo expuesto se deducen las siguientes:

1.ª Que el terreno de ubicación de una presa en el río Tajo, aguas arriba de la confluencia con el Tiétar, en el lugar denominado "Tajadilla Baja", está constituido por pizarras y filadíos que, en su masa, presentan zonas con inclusiones muy cuarzosas, debidas a acciones metamórficas; se han registrado unos estratos de arenisca pizarrea y calífera, que pudiera denominarse grauwacka, y en todo el haz litológico se aprecian venas de cuarzo rellenando las diaclasas que lo cruzan.

2.^a Aunque las condiciones intrínsecas de las rocas definidas no han de cambiar por el lugar que se les asigne en la escala de la Geología Histórica, diremos que si bien la litología de esta ubicación pudiera incluirse en el tramo ordoviciense del silúrico, el que suscribe las considera más bien de formación cámbrica por las razones expuestas; adecuadas son, en general, para situar embalses, tanto las formaciones cámbricas como las silúricas, pero habiéndonos formado un mejor concepto de las primeras que de las segundas, consideramos de justicia no rebajar la clasificación que merece el terreno de esta ubicación.

3.^a Las rocas que forman la cerrada son compactas, duras y resistentes, y apropiadas, por tanto, para empotrar en ellas el macizo de cierre que se proyecta.

4.^a No se apreciaron coqueas ni soluciones de continuidad en las rocas, pero existe una zona superficial que llamamos permeable porque, debido a la meteorización y a la profundidad de las diaclasas no soldadas, se comportó en los sondeos con pérdidas de agua; esta zona, definida por la característica de que sus coeficientes de absorción fueron superiores a diez litros por minuto y metro cuadrado a la presión de cinco atmósferas, es la que consideramos, si no necesario, muy conveniente impermeabilizar, tanto para cortar las filtraciones como para anular las subpresiones. Para llevar a cabo dicha impermeabilización bastará inyectar el terreno por medio de una serie de sondeos según una línea paralela a la de paramento de aguas arriba y a 2,50 metros aguas abajo de ésta; la distancia entre sondeos, así como el orden de in-

yección, habrán de sujetarse a las normas que se establezcan en su caso y a las que determine el curso de su ejecución, pero debe contarse, para el avance de su presupuesto, con una distancia de cinco metros entre tales sondeos. El rechazo de las inyecciones debe fijarse en un litro por minuto y metro lineal de sondeo, a la presión de 20 atmósferas. Es resumen de esta conclusión que, con la impermeabilización de la zona dicha, ésta y la subyacente a ella son impermeables.

5.^a Las rocas que forman el terreno atravesado por el sondeo del collado denominado "Tajadilla Baja" son duras y resistentes; no ofrecieron soluciones de continuidad apreciables, y las pérdidas de agua observadas aconsejan una impermeabilización a lo largo del collado hasta la profundidad de 12,15 metros; pero esta impermeabilización debe relegarse a lo que aconseje la observación del embalse en explotación, toda vez que, dada la dirección de estratificación, pudiera ocurrir que las fugas apreciadas en el sondeo no se observaran en aquél.

6.^a Para el caso de que se pretenda utilizar el collado a que se refiere la conclusión anterior, como vertedero, debemos anotar que las buenas condiciones de sus rocas no le inmunizan de la erosión a que estarían sometidas, dada la importancia de la masa de agua que por este sitio habría de verter y la forma en que lo haría; sería necesario, en su caso, el proyecto escrupuloso de las disposiciones a adoptar para defender o preservar el terreno de las intensas socavaciones que podrían producirse.
