"Geología aplicada a la construcción. Condiciones del terreno en el río Guadalquivir (Jaén) para el Puente de la carretera de tercer orden de Peal de Becerro a Villacarrillo"

Rodrigo Catena

Revista de Obras Públicas vol.92, nº2.746, febrero de 1944, pp. 62-65

GEOLOGÍA APLICADA A LA CONSTRUCCIÓN

I

Condiciones del terreno en el río Guadalquivir (Jaén), para el puente de la carretera de tercer orden, de Peal de Becerro a Villacarrillo.

Por RODRIGO CATENA, Ingeniero de Caminos.

Para destacar la gran importancia del sondeo en la construcción y poner de manifiesto la necesidad de que el proyectista recurra a la Geología para el estudio de las cimentaciones, vamos a presentar a nuestros lectores una serie de tres artículos, en los que el autor recoge otros tantos casos interesantes, elegidos entre los muchos que ya forman colección en la Jefatura de Sondeos. El Sr. Catena vuelve así sobre un tema de interés profesional, que ya inició en artículos de nuestra REVISTA, *en enero de 1932. En este primer artículo de esta serie puede verse la minuciosa información que el sondeo proporciona al proyectista para decidir la ubicación de un puente de carretera.*

Descripción de la zona de ubicación.

La carretera de Peal de Becerro a Villacarrillo tiene proyectado su paso por el río Guadalquivir en las proximidades del pequeño pueblo de Mogón, lo que motiva la denominación vulgar de "Puente de Mogón" con que se le conoce. De la carretera citada, se halla construído el trozo entre Villacarrillo y Mogón y está en construcción, muy avanzada, el trozo entre Mogón y Santo Tomé; el puente sobre el río va a constituir una solución de continuidad entre los referidos trozos de esta carretera.

Discurre el río Guadalquivir por un amplio valle de fértiles arcillas miocenas que son emporio de riqueza por la intensidad con que en ellas se desarrolla el cultivo del olivo y el cereal. En este amplio valle mioceno surge un estrechamiento, en una longitud de unos doscientos metros, que forma el tramo de río en el que se proyecta ubicar el puente objeto de este estudio.

Tal estrechamiento del valle, que en la hoja número 1 de los planos puede apreciarse, está constituída por un haz de bancos que cruzan el río en dirección S. SO. y con un buzamiento de 62° 30′ hacia aguas arriba; este hecho constituye un accidente geológico dentro de la uniformidad miocena que caracteriza a la región de "La Loma" que es en la que en esta descripción nos desenvolvemos.

En efecto: situados en Villacarrillo, punto en que la vista del observador domina los valles rivales de Guadalquivir y Guadalimar y descendiendo por el del primero en dirección a Mogón, pisamos las arcillas y molasas miocenas que, en estratificación sensiblemente horizontal, se aprecian coronando La Loma. Al llegar a nuestro emplazamiento nos encontramos bruscamente sorprendidos con el estrechamiento formado por el haz de bancos de calizas margosas, areniscas de color blanquecino unas y verdoso otras, margas sabulosas de color gris obscuro y arcillas irisadas y rojizas; los bancos de este haz son de poco espesor y su dirección y buzamiento, que ya hemos anotado, muestran su discordancia con las arcillas y molasas miocenas. Tales discordancias litológicas y estratigráficas sólo pueden ser debidas a un plegamiento brusco del mioceno que hubiera afectado a los estratos de este haz o a un asomo anterior de la formación terciaria; el no haber encontrado fósiles nos impide la clasificación cierta, pero si se considera que los levantamientos de los estratos miocenos, análogos al que nos ocupa, sólo tienen lugar en las proximidades de grandes masas de yeso o en el contacto con formaciones más antiguas, circunstancias ambas que en una gran extensión no se aprecian en esta zona, y que en cambio lo corriente en formaciones terciarias anteriores son las estratificaciones fuertes, de 45° en el oligoceno y mayores en el eoceno, llegaremos a la conclusión de que nuestra zona pertenece a un asomo o isleo de tales sistemas y entre éstos es forzosa la decisión por el último de los citados, si se tiene en cuenta la naturaleza marcadamente sabulosa del haz litológico, la estratificación de 62° 30′ y la reconocida existencia de este terreno dentro de la misma cuenca. Claro es que con arreglo a lo ya expuesto, esta clasificación eocénica sólo prevalecerá hasta tanto que un reconocimiento paleontológico nos la haga modificar y y en tal caso habría que justificar las analogías petrográficas y de disposición estratigráfica que resultarían tener los dos sistemas geológicos puestos en juego.

Ahora bien: sea el que fuere el lugar que en la Geología Histórica ocupen los materiales del tramo de río en que se quiere ubicar el puente, resulta justificado el estrechamiento de este tramo, puesto que los mismos efectos de erosión, actuando de igual modo sobre los materiales de distinta resistencia, han provocado una ablación menor en el tramo de río de nuestra ubicación que en los inmediatos de aguas arriba y abajo. La importancia local que esto tiene es manifiesta, porque siempre es este tramo de río, por su menor anchura y mayores estabilidad y calado de cauce, el elegido cuando la necesidad impone trasladarse de una a otra margen; en él presta servicio una barcaza cuya custodia corresponde a la Jefatura de Obras Públicas de la provincia; en él apreciamos la vieja fábrica de mampostería con mor-

tero de cal hidráulica que, a través de tiempos remotos, es testigo del cimiento de una obra que cruzaría el río en este punto y cuya existencia escapa al recuerdo de los más viejos moradores de la comarca; y cuantas veces se ha suscitado el estudio del paso por el río Guadalquivir de la carretera de Peal de Becerro a Villacarrillo, otras tantas hubieron de fijar los ingenieros su traza de paso, sobre los restos del viejo cimiento descrito, como si con esto se rindiera el homenaje de respeto que antiguos y modernos debemos a la geología de esta ubicación.

Elección de sondeos.

Descrito el tramo de río en que se ha de ubicar el puente, nos resta fijar la posición exacta de su traza.

Para ello, el Ingeniero Encargado del proyecto de este puente, el inolvidable que dió su nombre al gran viaducto sobre el embalse del Esla, marcó dos alineaciones, próximamente normales a la corriente de avenidas, que en el "plano de la zona de ubicación" aparecen denominadas perfil I y perfil II, correspondientes: la primera, al paso por los restos del viejo macizo de cimientos de la antigua obra, y la segunda, a otro estrechamiento, unos 40 metros aguas abajo del anterior, aprovechando la estribación avanzada de bancos de arenisca y margas calizas que en el plano se representan.

Se trata, ante todo, de ver si el viejo cimiento está apoyado en terreno firme para, en caso negativo, explorar el perfil II. Con aquel objeto se marcó el sondeo núm. 1, y habiéndose encontrado en él la roca firme sin solución de continuidad con la fábrica del viejo cimiento, se continuaron las labores de sondeo a lo largo del perfil I, marcándose, en consecuencia, los sondeos 2, 3 y 7, a las distancias que figuran en el perfil que se acompaña.

Ahora bien: la circunstancia de haber encontrado en el sondeo 2 las arcillas irisadas y rojizas hasta la profundidad de 14,60 metros, obligó a una mejor determinación del *substratum* de la margen derecha, y con tal objeto se marcaron los sondeos números 4, 5 y 6: el número 4 es inclinado a 45° con la vertical y está situado en un plano normal a la dirección de estratificación de las rocas que afloran en la margen opuesta; los 5 y 6, en alineación con el 2, están situados a 7 metros aguas arriba y abajo de éste, respectivamente.

Se llevó, finalmente, a cabo el sondeo número 8 para comprobar el asiento del viejo cimiento en su parte de aguas arriba.

Cortes hipotéticos del terreno.

Los sondeos practicados fueron suficientes para poder dibujar con sus resultados los tres cortes hipotéticos del terreno, que se acompañan.

El primero de dichos cortes corresponde a la alineación transversal del río denominada perfil I, y en la que están situados los sondeos 2, 3, 1 y 7. Llevados sobre las verticales representativas de estos sondeos, en el perfil topográfico que definen, las diversas profundidades encontradas para los distintos bancos, hemos obtenido la disposición que presenta el *substratum* de esta ubicación en el referido perfil. La dirección que resulta para separación de unos bancos con otros, se comprueba con la dirección resultante como intersección del plano de estratificación con el del perfil.

El segundo corte hipotético es definido por los sondeos 2 y 4, que están situados en el plano normal al de estratificación por el sondeo número 2. La dirección obtenida en este caso para la separación de estratos concuerda con la de máxima pendiente del plano de estratificación.

El tercero y último de los cortes hipotéticos que acompañamos, es el correspondiente al perfil definido por los sondeos 5, 2 y 6; este perfil, alineado paralelamente a la corriente, permite la posibilidad de variar la alineación del perfil I, girando ésta sobre el sondeo 1, en el caso de que se juzgase conveniente.

Naturaleza de los terrenos encontrados.

Calizas margosas. — Son de coloración blanco-amarillenta, de fractura concoidea y estructura compacta; su peso específico es de 2,75, y taladradas con corona de 60 mm., dan testigo de 43 mm. de diámetro.

Margas sabulosas. — Son de color gris obscuro y de estructura granuda; dan viva efervescencia tratadas por el ácido clorhídrico; taladradas con corona de diamantes de 60 mm., dan testigo de 42 mm. de diámetro; su peso específico es de 2,44.

Areniscas. — Son macizos de coloración blanquecina y estructura granuda, debida al elemento silíceo que contienen, siendo su cemento calizo, lo que es causa de la viva efervescencia que dan al tratarlas con ClH. Su peso específico es de 2,16, y el testigo obtenido al taladrarlas con corona, es de 42 milímetros de diámetro.

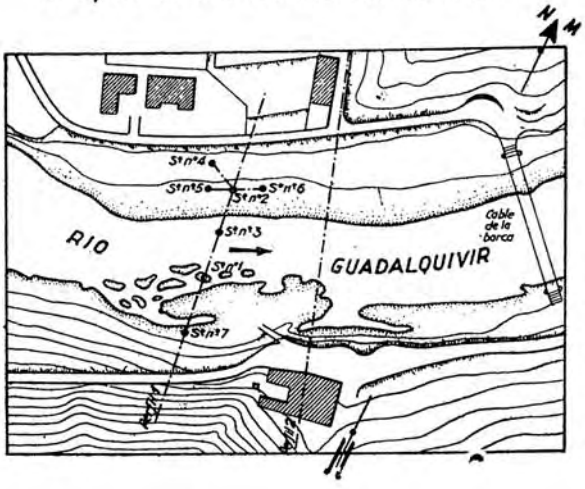
Areniscas arcillosas. — Son de tono verdoso y peso específico 2,15; taladradas con corona de diamantes, dan testigo de 40 mm. de diámetro.

Areniscas margosas. — Son de coloración blanca algo agrisada; dan reacción débil con ClH, lo que denota la naturaleza margosa de su cemento; su peso específico es de 2,38, y taladradas con la misma corona de diamantes, dan testigo de 41,5 mm. de diámetro.

Arcillas. — Unas son rojas y otras de diferentes tonalidades, que llamamos irisadas; son consistentes, puesto que las paredes del taladro practicado en ellas se mantienen sin desprendimientos, pero no dan testigo taladradas con corona de diamantes, lo que denota su fácil disolución por el agua, y, por tanto, su poca coherencia; se resisten mucho, en cambio, a la hinca de la tubería de 60 mm. de diámetro, dando penetraciones de 5 cm. en 20 golpes de maza de 50 kilogramos de peso, con altura de caída de 0,90 metros.

Los limos, arenas y gravas son materiales sueltos que proceden del arrastre de la corriente y de los derrubios de la ladera, y su naturaleza es calcárea, en concordancia con la de los terrenos de la cabecera de la cuenca de que proceden.

Croquis de situación de los sondeos



Conclusiones.

Como consecuencia de lo expuesto, resultan las siguientes:

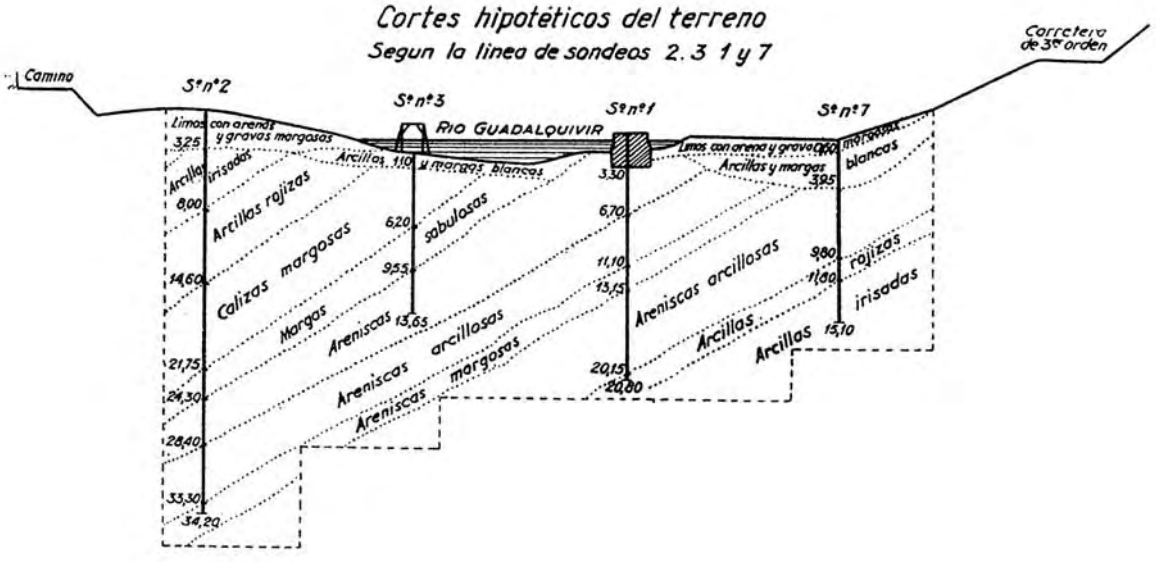
1.ª El perfil de paso elegido para el puente sobre el río Guadalquivir, de la carretera de Peal de Becerro a Villacarrillo, está formado por un haz de estratos de margas calizas, areniscas y arcillas que, en parte, se hallan recubiertas por sedimentos modernos.

2.ª Las mayores condiciones de consistencia y coherencia de casi todas las rocas componentes del haz citado, sobre las arcillas de aguas arriba y aguas abajo, son la causa del estrechamiento que ofrece el tramo de río que nos ocupa, y esto justifica la ubicación de la obra en este punto.

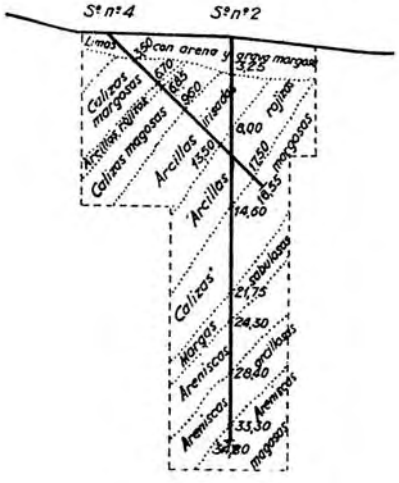
3.ª El cimiento de mampostería con mortero de cal hidráulica, existente en la margen derecha del río, está en buenas condiciones, según se deduce del

Cortes hipotéticos del terreno

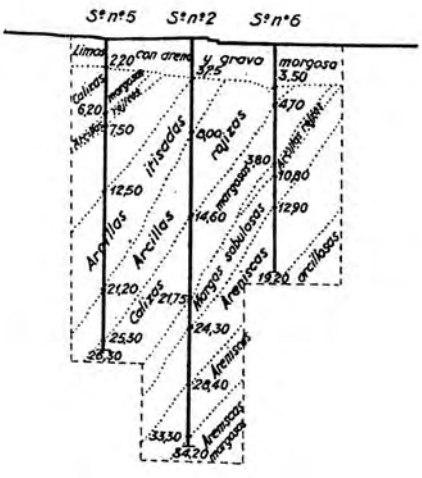
Segun la linea de sondeos 2. 3 1 y 7



Según la linea de sondeos 4 y 2



Según la linea de sondeos 5. 2 y 6



resultado del sondeo número 1, en el que no se apreciaron discontinuidades entre sus mampuestos y el mortero que los enlaza; la profundidad del macizo de fábrica es de 3,35 metros, y sin solución de continuidad, resulta empotrado directamente en el firme que en este punto es arenisca de grano grueso con cemento calizo de naturaleza coherente y consistente, según se deduce del citado sondeo número 1 y del número 8.

4.ª Los materiales encontrados en los sondeos practicados, son de tres órdenes:

a) Sin coherencia ni consistencia, como los limos, arenas y gravas, y que por su poco espesor son inaceptables para cimentación.

b) Poco coherentes, pero consistentes, como las arcillas irisadas y rojizas, en las que es viable una buena cimentación, siempre que con ésta se llegue a profundidades superiores a las máximas de socavación; las presiones resultantes en la base de cimientos no deberán sobrepasar de 3 a 4 Kg./cm.^{2}.

c) Coherentes y consistentes, que son todos los demás estratos de calizas margosas, margas sabulosas y areniscas en todas sus variedades; son de excelentes condiciones para cimentar sobre ellas, y estimamos que la carga de rotura a la compresión de la roca de mínima resistencia de las de este grupo será, por lo menos, de 120 a 130 Kg./cm.^{2}.

5.ª Las rocas de este perfil resultan permeables, según los datos de los sondeos; esta propiedad no es extraña en un conjunto litológico tan heterogéneo, en el que la red de conductos por la que podrán circular las aguas estará integrada por las fisuras de cada estrato y por las juntas de los lechos de estratificación. Por tanto, el sistema de cimentación dependerá de la profundidad que se dé al plano de fundación.

6.ª Examinado el corte geológico, según los sondeos 2, 3, 1 y 7, vemos que en él residen, en su parte superior de la margen izquierda, las arcillas irisadas; este material, como ya hemos dicho, aunque consistente, resulta socavable.

Es muy posible que en esta zona haya estado alguno de los apoyos de la vieja obra que en este punto cruzó el río, y de la que es testigo el macizo de vieja fábrica aún existente en la margen derecha; por tanto, si la cimentación de aquél no fué tan profunda que quedara a cubierto de las máximas socavaciones, es evidente que éstas serían la causa de la ruina de la desconocida obra, y abona tal supuesto la existencia del viejo macizo que, por hallarse apoyado en la roca firme, ha resistido a los efectos de las mismas corrientes que actuarían sobre los desaparecidos.

Es resumen de esta conclusión el subrayar la previsión contra las socavaciones en las arcillas de un perfil en el que existió una obra análoga a la que se quiere proyectar, y que la historia muda señala el hecho para que el nuevo constructor, adoptando las oportunas disposiciones, evite la ruina por el mismo río y en el mismo lugar de la que se construya.

7.ª El corte, según los sondeos 5, 2 y 6, muestra la posibilidad de correr la traza a izquierda o derecha, si ello se creyera conveniente, y tanto a uno como a otro lado mejorarían las condiciones del terreno de fundación. Claro es que el corrimiento hacia aguas arriba tiene el inconveniente de que el apoyo situado en la posición análoga al sondeo número 3 podría entonces caer en las arcillas que se tratara de eludir, circunstancia que no ofrecería el corrimiento hacia aguas abajo, pero en cambio se aumentaría la oblicuidad de la obra. Tales ventajas e inconvenientes han de ser compulsados por el Ingeniero encargado de la obra, y sólo creemos es de nuestra incumbencia el señalarlas una vez que suministramos los elementos de juicio para proyectar en varias direcciones.