

Consideraciones sobre los áridos finos en los firmes rígidos de hormigón (*)

Por JESUS ALBEROLA NAVARRO

Dr. Ingeniero de Minas.

La utilización en pavimentos de hormigón de mezclas de áridos pretendiendo corregir su contenido en partículas silíceas sin comprobación previa de su comportamiento puede determinar, a juicio del autor, actuaciones erróneas de consecuencias imprevisibles para el comportamiento de la calzada.

La Norma española (PG-3/75) indica que el árido fino para pavimentos de hormigón hidráulico, tanto en la capa superior como en toda la masa en ocasiones, deberá ser "arena natural silícea", especificándose que el porcentaje de partículas silíceas no será inferior al 30 por 100 (determinado según la norma ASTM. D 3042). La curva granulométrica de dicha arena deberá estar comprendida dentro de los límites que se señalan a continuación:

TAMIZ UNE	5	2,5	1,25	0,63	0,32	0,16	0,08
Cernido	90	65	45	27	10	2	0
Ponderal	—	—	—	—	—	—	—
Acumulado	100	90	75	55	30	10	5

La Norma establece que: "Dada una curva granulométrica tipo, dentro del huso indicado, se admitirá respecto a ella, una variación máxima del módulo de finura del 5 por 100 en análisis granulométricos realizados según Norma UNE 7130; (El módulo de finura se define en este caso por la suma de las proporciones en peso del material retenido en cada uno de los tamices, expresadas en tanto por uno). No se incluyen exigencias de calidad respecto a la resistencia al desgaste de estos áridos.

Para árido grueso las condiciones son menos exigentes, no indicándose la naturaleza litológica del material y limitándose a un coeficiente de desgaste inferior al 35 por 100, medido por el ensayo de Los Angeles (NLT 149/72). Corresponden estas exigencias a la función resistente del árido grueso de cualquier hormigón hidráulico. La Norma es incluso menos exigente que para los áridos de las capas de base e intermedias

de los firmes flexibles, que tienen una función similar. Hay una limitación adicional que prohíbe utilizar escorias de horno y cualquier tipo de material con oquedades en los hormigones.

Analizando desde el punto de vista geológico, las exigencias especificadas para el árido fino, se requieren "arenas naturales", es decir con cierto desgaste debido a los procesos de abrasión desarrollados durante el transporte, por los que las aristas y angulosidades de las partículas arrastradas se van suavizando.

Siendo las arenas sedimentos de origen diverso: fluvial, marino, glaciar, eólico..., la naturaleza, características y grado de madurez de las partículas que integran determinado depósito dependerán de las circunstancias litológicas y tal vez tectónicas del área de procedencia, así como de la energía de los medios que hayan producido el transporte y la acumulación. Si las arenas que se requieren para el uso propuesto han de ser además silíceas, deberán buscarse en zonas litológicamente adecuadas, ricas en componentes silíceos, es decir, en cuarzo, forma muy abundante de sílice libre, en o sea en granitos, cuarcitas, etc., o donde éstas no se encuentren, esperar a que la selección y concentración producida por un curso fluvial suficientemente prolongado, a fuerza de desgastar y disolver minerales más abundantes pero menos resistentes, dé lugar al enriquecimiento en partículas silíceas, más resistentes y menos vulnerables a tales acciones.

Partiendo de estas leyes y comportamientos geológicos, se observa que en el territorio peninsular español, por razones litológicas, existen dos zonas en las que escasean este tipo de arenas, son las Hispanias calcárea y arcillosa, definidas por Hernández Pacheco. La tercera, la Hispania silícea, como su denominación indica, es abundante en tales materiales.

El árido solicitado por la Norma PG 3, según el huso granulométrico establecido, es una arena

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo que podrán remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 31 de enero de 1991.

bien distribuida en sus distintos tamaños. Su composición debe contener, según se ha indicado anteriormente como mínimo el 30 por 100 de partículas silíceas (silíceas no quiere decir exactamente silicatadas). Es de suponer que esta exigencia debe extenderse a toda la curva y no quedar concentrada en fracciones gruesas, finas o intermedias, puesto que en caso contrario se perdería, a nuestro juicio, el espíritu de la Norma que solicita arena natural y por tanto gradualmente distribuida tanto en composición como en granulometría. Además, al exigir "arena natural" se está pidiendo árido constituido por granos con cierto grado de desgaste, lo cual facilita la docilidad y manejabilidad del hormigón a fabricar. Sin embargo, existen algunas arenas con escaso desgaste que entrarían dentro de las "arenas naturales". Se generan, por ejemplo, en zonas graníticas con limitado transporte, lo que produce escaso desgaste a las partículas silíceas que restan tras eliminación por lavado y arrastre de materiales arcillosos procedentes de alteración de feldespatos, micas, etc. Lo mismo puede suceder en zonas cuarcíticas sometidas a procesos de alteración periglaciares, predominantemente mecánicos, como la gelivación, que acusan escaso transporte.

En regiones pobres en materiales silíceos la única posibilidad de localizar tales arenas es recurrir a ríos con cabecera en zona silícea, o a aquellos cuyo largo recorrido haya permitido el enriquecimiento en partículas silíceas por los procesos anteriormente indicados. El curso fluvial a que nos referimos deberá aportar energía adecuada para el transporte selectivo de materiales en la fracción granulométrica correspondiente a las arenas. En el territorio español no silíceo, dada nuestra red hidrográfica, es francamente improbable que se den depósitos de este origen ricos en sílice. La dinámica marina litoral origina mecanismos y circunstancias sedimentarias análogas, complementados por los procesos biógenos que determinan una fuerte proporción de restos calcáreos en las formaciones costeras, por lo que las arenas litorales presentan, en estas zonas, escasas en sílice, pobres proporciones de este componente. Por último resta la acumulación eólica, la cual en función de la granoselección producida en origen por el viento, y los sucesivos transportes y depósitos sufridos por las partículas, da lugar a dunas y acumulaciones similares, que pueden presentar importante contenido silíceo, dadas la resistencia y abundancia del mineral silíceo. La energía de transporte del viento limita la granulometría a las partículas más finas de la fracción

arenosa. Por ello, las curvas se desplazan hacia los tamaños finos, no cumpliendo las condiciones granulométricas exigidas por la Norma PG 3.

En estas circunstancias, cuando en zonas escasas en arenas silíceas se quiere elaborar hormigón para pavimentos, ante las deficiencias planteadas, se suele recurrir a la corrección por mezclas, siguiendo dos criterios, que según una interpretación puramente geológica y sin olvidar la perspectiva técnica, serían, a nuestro juicio erróneos, si la investigación y comprobación del comportamiento adecuado de las mezclas establecidas teóricamente, no apoyan la bondad de los resultados.

Los criterios mencionados son los siguientes:

- Mezclar áridos calizos con arenas de duna u otros depósitos de origen eólico.
- Mezclar áridos calizos con arenas producidas en la fabricación de áridos para rodaduras de firmes de aglomerado asfáltico.

La primera solución pretende corregir el escaso contenido en partículas silíceas del árido fino aportando material procedente de depósitos eólicos que las contengan abundantemente como suele ser frecuente. El resultado sería que sólo algunas de las fracciones finas del árido fino resultarían enriquecidas en partículas silíceas, ya que se les incorporaría la totalidad del depósito eólico, mientras que las gruesas, sobre las que cabe suponer que existe una mayor responsabilidad en la función resistente al desgaste y al deslizamiento del pavimento, se mantendrían constituidas por materiales calizos, cuyo deficiente comportamiento frente al desgaste y pulimento producido por el tráfico es conocido. Un pavimento con estas características atribuiría la función resistente al deslizamiento a la matriz del conglomerado constituido por árido grueso, árido fino y aglomerante hidráulico, dada la escasa rugosidad conseguida por el primero, y aunque esta rugosidad se pueda mejorar con estriados y diversos acabados superficiales, es dudoso que los resultados fueran adecuados y duraderos.

La segunda solución parece en principio menos problemática, ya que la distribución granulométrica de los materiales en el conjunto de la mezcla puede resultar más uniforme en cuanto a su composición y naturaleza se refiere. Sin embargo, analizada la cuestión, surgen dudas cuya única solución sería la investigación concienzuda de las mezclas propuestas y de su comportamiento. Es-

tas dudas se originan por las siguientes razones:

Los materiales utilizados en regiones no silíceas para capas de rodadura en firmes flexibles suelen ser rocas ígneas tales como gabros, diabasas, basaltos..., que se caracterizan petrográficamente por su carencia de sílice libre (cuarzo). Es decir, se trata de rocas silicatadas pero no silíceas en sentido estricto. Los minerales que las constituyen, menos estables que el cuarzo, son, más o menos fácilmente, presa de los procesos de meteorización dando productos de alteración arcillosos. El comportamiento antideslizante de estos materiales ígneos en el caso de rodaduras para firmes flexibles se establece para tamaños de partículas normalmente superiores a 5 mm., mientras que cuando se trata de arenas nos referimos a partículas menores de 2 mm. Esta diferencia de tamaño en las fracciones consideradas supone que en el primer caso las gravillas están constituidas por auténticos fragmentos de roca, conteniendo diversos granos de los minerales que la constituyen, mientras que en el caso de arenas se ha podido llegar a la separación de los distintos granos minerales en los procesos de trituración y clasificación a que el árido se ve sometido, con la posibilidad adicional que se acumule en una u otra fracción granulométrica minerales de muy distinto comportamiento. Los efectos producidos por esta separación pueden ser tanto beneficiosos como perjudiciales, puesto que se puede originar el enriquecimiento de alguna de las fracciones finas, tanto en minerales resistentes como en deleznales, con el presumible efecto pernicioso en el pavimento. También puede ocurrir que la composición petrográfica de las partículas de arena, se corresponda con la de los áridos gruesos al tratarse de fracciones de roca en lugar de granos de minerales segregados. El comportamiento del árido fino frente al desgaste debería ser, en este caso, análogo al del grueso.

En todo caso, cualquiera que sea la naturaleza, composición y distribución de los granos, se trata de arenas procedentes de machaqueo, presentan, por tanto, aristas vivas, es decir no son "arenas naturales" y, por tanto, cabe esperar que la falta de madurez (redondeamiento) de los granos disminuya la manejabilidad del hormigón.

CONCLUSIONES

De lo expuesto anteriormente se concluye que no es prudente establecer "a priori" consecuencias sobre el comportamiento de las mezclas

corregidas de arenas para pavimentos de hormigón y que únicamente el estudio de cada una de estas mezclas o la investigación minuciosa de las fracciones, las procedencias o los acopios, tanto desde el punto de vista petrográfico, como del físico o técnico permitirán establecer el comportamiento real de los áridos finos en los pavimentos de hormigón, si como parece deducirse de la Norma PG 3, a estos se les confían funciones de resistencia al desgaste y antideslizantes. La mencionada investigación puede hacerse partiendo de experiencia adquirida en carreteras en funcionamiento o en tramos experimentales o también realizando ensayos de las mezclas propuestas a escala reducida y en tiempo acelerado (el autor tiene en estudio un procedimiento de investigación en este campo). Este sistema puede dar excelentes resultados para establecer conclusiones en el futuro, dada su economía y facilidad operativa.

Es intención del autor que esta comunicación sirva para sembrar inquietudes y dudas razonables en aquellos interesados por el tema, suscitando el diálogo, la controversia y acaso la voluntad de abrir camino a la investigación para aportar luz a la cuestión, permitiendo abandonar prácticas y planteamientos basados en criterios apriorísticos, sin base científica, que pueden conducir a actuaciones defectuosas o erróneas, de consecuencias imprevisibles para el comportamiento de la calzada.

Jesús Alberola Navarro



Doctor Ingeniero de Minas. Profesor Titular de Universidad adscrito al Departamento de Ingeniería del Terreno de la Universidad Politécnica de Valencia. Integrado en la Unidad Docente de Geología Aplicada a las Obras Públicas ejerce su docencia en la ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y en la EU de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas, ambas de Valencia. Está dedicado

a la enseñanza en el campo de la Geología Aplicada desde 1970.

Desde febrero de 1965 hasta septiembre de 1986 ha prestado servicios en el MOPU desempeñando el puesto de Jefe del Grupo de Prospecciones del Servicio de Apoyo Técnico de la Demarcación de Carreteras del Estado en Valencia, habiendo desarrollado su labor en el territorio comprendido por las provincias de Castellón, Valencia, Alicante, Albacete y Murcia.