

Los nuevos pliegos de condiciones para recepción de materiales hidráulicos

III

En los anteriores artículos, publicados en los números de 15 de mayo y 1.º de junio del año actual, se consignaron las características exigidas al cemento portland, referentes a *finura de molido, fraguado y resistencia* en los diferentes países. En el presente artículo trataremos de *densidad real, composición química, adiciones toleradas y variación de volumen*.

CEMENTO PORTLAND.—Densidad real.—Existe una marcada tendencia a suprimir la prescripción de la densidad real, que por sí sola indica muy poco respecto a la calidad del cemento y que da lugar en la práctica a dificultades.

La tendencia apuntada tiene, sin embargo, excepciones, pues Italia, al establecer el nuevo Pliego de Condiciones, en el año 1928, que es el más reciente de todos los existentes en los diferentes países, ha conservado la prescripción de la densidad real, a pe-

sar de ser conocidas las consideraciones que dieron lugar a que fuese suprimida el año 1926 en los Estados Unidos, que con su formidable consumo de veintiocho millones de toneladas de cemento y sus excelentes laboratorios, da en muchos casos la norma de esta importante industria.

Conservan la prescripción de la densidad real Argentina, Bélgica, Brasil, España, Italia, Japón, Noruega y Suiza, con límites inferiores de 3,0 a 3,1, lo que representa diferencias de mucha consideración, existiendo, además, bastante indeterminación respecto al modo de hacer el ensayo, pues de estar la muestra desecada simplemente o calcinada al rojo oscuro los resultados varían mucho, máxime cuando la pérdida al fuego se aproxima al 4 por 100.

CEMENTO PORTLAND.—Composición química.—En el siguiente cuadro figuran las prescripciones actualmente exigidas para residuo insoluble en ácido clorhídrico, magnesia, anhídrido sulfúrico y pérdida al fuego, en tanto por ciento en peso.

Cemento Portland.— Composición química

PAISES	Residuo insoluble	Magnesia	Anhídrido sulfúrico	Pérdida al fuego
Alemania	»	5	2,5	»
Argentina	»	4	2	»
Australia	1,5	4	2	3
Austria	»	5	2,5	»
Bélgica	1,5	3	2,5	3
Canadá	0,75	4	2	4
Checoslovaquia	2	5	2,5	»
Chile	»	3	1,5	5
Dinamarca	»	»	»	»
España	1,5	3	2,5	4
Estados Unidos	0,85	5	2	4
Estonia	»	5	2,5	»
Francia	»	3	»	»
Holanda	»	5	2,5	2,2
Inglaterra	1,5	4	2,75	3
Italia	»	3	1,5	»
Jamaica	»	»	»	»
Japón	»	3	2	4
Noruega	1,5	4	2,5	4
Queensland	»	»	»	»
Rusia	»	3	2,5	4
Suecia	»	5	2,5	»
Suiza	»	»	»	2

Debe notarse, en primer lugar, cómo ha perdido importancia la determinación del residuo insoluble en ácido clorhídrico diluído, que en los pliegos de condiciones antiguos aparecía siempre en primer término. Al no fijar límite para el residuo insoluble quizá se procede cuerdamente por dos razones: de una parte, el procedimiento de análisis química que se emplee puede conducir a resultados muy distintos, y de otra, la limitación excesiva que se hacía antiguamente daba lugar a grandes complicaciones para encontrar los yesos puros que por esta causa resultaban necesarios para efectuar las adiciones, que tienen por objeto retardar el fraguado.

La proporción de magnesia en peso que se tolera actualmente es muy superior a la que antes se admitía. Alemania, Austria, Checoslovaquia, Estados Unidos, Estonia, Holanda y Suecia admiten ya el 5 por 100; Argentina, Australia, Canadá, Inglaterra y Noruega han fijado el 4 por 100; son muy pocos los países que, como España, tienen límite de 3 por 100.

La magnesia ha sido considerada mucho tiempo como el elemento más perjudicial, y dada la circunstancia de que en la Naturaleza es extremadamente raro encontrar calizas y arcillas exentas de carbonato de magnesia, resultaba con mucha frecuencia que se dejaban sin explotar grandes bancos en las canteras, y en ocasiones era necesario mezclar los materiales próximos a las fábricas con otros más puros traídos con frecuencia de grandes distancias. Consecuencia de todo ello era el encarecimiento del producto, y dada la importancia en material de tan poco valor como el cemento portland, de las consideraciones de orden económico, se procedió a profundos estudios para determinar con exactitud la influencia de la magnesia. De estos estudios, el que más resonancia ha tenido es el de P. H. Bates, del Bureau of Standards, de los Estados Unidos. Ha demostrado que se puede admitir sin discusión 6,5 por 100 en peso de magnesia, y que si no se rebasa el 9 por 100 el resultado puede no ser perjudicial. En Alemania, donde ya se admitía el 5 por 100 hace tiempo, afirman algunos técnicos que si no admiten algunos países límites elevados de magnesia es con el objeto de impedir la entrada de cementos extranjeros mucho mejores.

Otra tendencia intermedia es considerar a la magnesia como elemento inerte y sin valor, pues aunque la dolomia calcinada a baja temperatura produzca un aglomerante hidráulico activo, es muy dudoso que a la alta temperatura de producción del cemento portland se combine con la sílice o la alúmina.

Teniendo en cuenta la importancia de los países que han elevado el límite de magnesia admisible, se han hecho experiencias en nuestro laboratorio con *clinker* especialmente preparado, en el que las proporciones de magnesia han variado de 5 a 7 por 100.

Respecto a anhídrido sulfúrico, es casi general la prescripción española de 2,5 por 100 como máximo. En Italia y Chile se exige 1,5 por 100, resultando así que tiene que emplearse determinada clase de carbón y hacerse adiciones de yeso muy pequeñas; como ambos países carecen casi en absoluto de carbón, no es extraño que no tengan interés en consumir carbones de segunda categoría; pero en las naciones que disponen de carbones de varias clases, sería antieconómico imponer prescripciones tan severas que im-

pidieran el consumo de ciertos carbones, sin mejora apreciable de la calidad del cemento.

El ensayo de pérdida al fuego va desapareciendo de los pliegos de condiciones, y en los que se conserva no difieren mucho los límites del exigido en España. Es muy raro que un cemento portland tenga pérdida al fuego de importancia; pero cuando lleva mucho tiempo almacenado varían por completo sus características en este respecto. Muy raro es que en fábrica pueda existir cemento largo tiempo almacenado, pero no lo es tanto en obra, y con frecuencia el almacenaje será imperfecto. De conservarse el ensayo de pérdida al fuego, habría que marcar un plazo para efectuarlo a partir del suministro.

Variación de volumen.—Positivamente este ensayo es de la mayor importancia, y parece extraño que no haya, ni remotamente, acuerdo sobre las pruebas que han de efectuarse. El ensayo de Le Chatelier, que en un principio se aceptó por casi todos los países, ha sido abandonado por muchos. Este abandono no ha sido caprichoso, sino obligado, por la incertidumbre en los resultados, que llegan hasta el extremo de que, *con esas agujas se obtienen los resultados que uno se proponga*, como se ha dicho con frase muy atinada. La permanencia de este ensayo en varios países sólo se explica porque en ellos lo practique algún operador habilísimo encariñado con el método. Recuerdo, a propósito de esto, que el ensayo de ductilidad para betunes asfálticos era considerado como un procedimiento exacto hasta que reunidos en París, en Comisión internacional, varios técnicos, hablamos con ciertas reservas, creyendo cada uno que la variabilidad de los resultados se debía a deficiencias propias en la manera de operar, hasta que confesamos todos que no habíamos podido obtener resultados concordantes, con lo que quedó rechazado el método como se practicaba, demostrándose que había que estudiarlo más detenidamente.

La tendencia casi general en la actualidad es aceptar las pruebas en frío, y como procedimiento rápido, el ensayo con agua hirviendo.

Módulos hidráulico y silícico.—En nuestro Pliego de Condiciones actual se establece que el cociente de dividir el tanto por ciento en peso de la cal por la suma de los tantos por ciento en peso de sílice y alúmina debe estar comprendido entre 1,8 y 2,3. No se tenía, pues, en cuenta la influencia del óxido férrico y se producían algunas dificultades prácticas, que la Comisión ha estudiado y cree haber encontrado el medio de evitarlas.

Respecto al módulo silícico, o sea el cociente de dividir el tanto por ciento en peso de la sílice por el tanto por ciento en peso de la alúmina, se ha comprobado que su límite inferior de 2,5 es rebasado por todos los cementos portland españoles sin excepción.

Modo de efectuar los ensayos químicos.—La larga práctica del Laboratorio Central de la Escuela de Caminos ha permitido revisar las instrucciones que figuran en el Pliego de Condiciones actual, mejorándolas notablemente, pero siempre con el criterio de que no tengan carácter preceptivo.

Ensayos en obra.—La Comisión ha estudiado este punto para proponer a la Superioridad que sólo se efectúen en obra reducido número de ensayos, procurando la mayor sencillez sin sacrificar la exactitud de los resultados.