

6.1. Pliegos actuales, pliegos generales y pliegos especiales

CARLOS BENITO HERNÁNDEZ

Prof. Dr. Ingeniero de Caminos
Director del Laboratorio Central de Ensayo de Materiales



El Consejo Técnico Administrativo del Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento ha solicitado mi colaboración, que presto gustoso, para que en este IV Coloquio de Directores y Técnicos de Fábricas de Cemento desarrolle la Ponencia designada con el nombre de «Pliegos de condiciones actuales» (Pliegos generales; Pliegos especiales).

El tema, cuya indudable importancia es innecesario destacar en esta reunión de expertos del cemento, es de los que, por fortuna o desdicha, siempre están de actualidad; y de ello da fe el que en cuantas reuniones de este tipo se han venido celebrando, se ha incluido una ponencia sobre el mismo.

1. Pliegos actuales

Permítaseme, a título de introducción, hacer una breve síntesis de lo ocurrido en este campo durante los últimos años, y de lo conseguido, ustedes serán los que saquen las consecuencias oportunas.

En el año 1954 tuvieron lugar los primeros Coloquios de Directores y Técnicos de Fábricas de Cemento, y en ellos se planteó por primera vez, en una reunión de este género, la conveniencia de modificar, de poner en línea, con los Pliegos de otros países, nuestro viejo Pliego General de Condiciones, que había sido establecido en 1930 por el Ministerio de Obras Públicas. En aquellos Coloquios, don José María Balaguer hizo una detallada descripción de los métodos de ensayo y condiciones exigidas a los cementos en diversos países.

El señor Balaguer terminó su informe destacando la necesidad de modernizar el Pliego entonces vigente. Buena prueba del interés despertado por su oportuna intervención, fue el animado coloquio que se produjo a continuación.

En 1957 se celebraron los segundos Coloquios. Coincidió la reunión con los trabajos que por esa época estaba realizando una Comisión especialmente encargada de revisar el Pliego español, pero que todavía no había terminado esta labor. En la ponencia presentada por el señor Guinea se hizo un acertado estudio de los métodos entonces en vigor, comparándolos con los nuevos que, con carácter más o menos internacional, se empezaban a establecer.

La tercera reunión tuvo lugar el año 1960. En aquellas fechas estaba reciente la aprobación por el Ministerio de Obras Públicas del Pliego de Condiciones para la Recepción de los Conglomerantes Hidráulicos en las obras de carácter oficial, que si bien es cierto que salió a la luz pública con algunas diferencias respecto a la propuesta realizada por este Instituto (de ello dio oportuna cuenta en aquella reunión el ponente señor Calleja), no lo es menos que con posterioridad se publicó la oportuna Orden Ministerial que subsanó en el mismo aquellas diferencias. Este Pliego, en su período de vigencia, ha resuelto, a mi entender, el delicado problema de sustituir las condiciones del Pliego de 1930, por otras, en las que se dieron entrada a nuevos tipos de conglomerantes, y se clasificaron éstos con arreglo a características cuya necesidad se venía dejando sentir a causa del progreso de la técnica de la construcción.

Hasta aquí la información que ustedes tuvieron sobre el particular en las diversas reuniones que, como la presente, se han celebrado.

Desde la última reunión a la actual han pasado cuatro años, y en el transcurso de los mismos se han producido nuevas situaciones que brevemente quiero comentar, aun cuando ellas están en el ánimo y conocimiento de todos ustedes.

La Orden Ministerial de 26 de julio de 1960, por la que se introducían modificaciones en el Pliego General de Condiciones aprobado por Orden de 31 de diciembre de 1959, y a las que antes he hecho referencia, establecía en su apartado 4.º que el Gabinete de Organización y Normas Técnicas de la Secretaría General Técnica del Ministerio de Obras Públicas se ocuparía del mantenimiento al día del mencionado Pliego General de Condiciones, de forma tal que, periódicamente, se haría una revisión del mismo para recoger las sugerencias relativas a prescripciones y ensayos que se estimasen de marcado interés.

Por otro lado, en el programa del Plan de Desarrollo Económico y Social se prevé el empleo, en sus diversas facetas, de cantidades de cemento muy superiores a las que parecían previsibles hace unos años. Por ello, parecía conveniente se modificase el Pliego oficial de acuerdo con los tipos, clases y categorías de conglomerantes hidráulicos con que debe contar el mercado nacional para satisfacer las necesidades que en el campo de la construcción plantea el Plan de Desarrollo.

Estas necesidades, en cuanto a tipos y calidades, habían sido marcadas en el Informe del Grupo de Trabajo para el estudio de la calidad de los materiales de construcción y refractario, de la Comisaría del Plan.

Para cumplir ambas circunstancias, los órganos rectores de la nación nombraron una Comisión formada por representantes de los Ministerios de Obras Públicas, Industria y Vivienda, que debidamente asesorados por sus respectivos organismos consultivos ha determinado el que, con fecha 9 de abril de 1964, la Presidencia del Gobierno promulgara el nuevo Pliego General de Condiciones para la Recepción de Conglomerantes Hidráulicos en las obras de carácter oficial. Sobradamente conocen ustedes las diferencias que existen entre el Pliego vigente y el anterior. Sin embargo, y siguiendo la costumbre establecida en los Coloquios anteriores, parece oportuno hagamos unos comentarios al Pliego que está en vigor.

Si se compara este Pliego con el aprobado en diciembre del 59 y posteriormente modificado en julio del 60, las diferencias que se observan son de dos clases: Las relativas a los tipos de cementos, y las que se refieren a especificaciones y métodos de ensayo.

En los distintos tipos y clases de cementos ya existentes se ha eliminado la categoría 150, que únicamente se mantiene en los nuevos cementos denominados de adición.

Se crean las nuevas categorías siguientes: El Portland 450; los PAS-250 y 350; los Portland Siderúrgico y Portland de Alto Horno, de 350, y los de adición antes mencionados.

Para todos estos cementos se indican las correspondientes prescripciones relativas a su composición química y a las características físicas y mecánicas, en las que también se han introducido algunas modificaciones.

En los ensayos de finura de molido, además de permitirse su determinación por medio de tamices, en los que se han suprimido los perdigones, se incluye por primera vez la superficie específica determinada de acuerdo con el método Blaine.

En los ensayos de expansión se suprimen las galletas de pasta pura y se introduce como obligatorio el ensayo de expansión en autoclave para los Portland, Siderúrgicos (excepto los sobresulfatados) y para los Puzolánicos.

Se establecen métodos para la determinación rápida de los porcentajes de los óxidos sódico y potásico y, por otra parte, se suprime del Pliego la determinación de la granulometría de los conglomerantes por medio del separador de aire.

Vamos a comentar a continuación, aunque sea de manera muy rápida, las modificaciones fundamentales que se han introducido en los ensayos mecánicos: En el ensayo de tamizado se han suprimido los perdigones, pues este pequeño artificio utilizado por nosotros no estaba recogido en ningún Pliego extranjero. Además, se ha suprimido la determinación de la granulometría por medio del separador de aire, pues la práctica ha demostrado ser totalmente ineficaz para los ensayos de rutina. Durante los cuatro años de vigencia del Pliego anterior, al menos en el Laboratorio Central, y creo que en este Instituto ha ocurrido algo análogo, no se ha producido ni una sola petición para que se determinara la granulometría del conglomerante por medio del separador de aire. No es este el caso de la determinación de la superficie específica por el método de Blaine. Este ensayo se ha recogido ya en un gran número de Pliegos extranjeros y se ha aceptado por los laboratorios de nuestra industria, y buena prueba de ello es el gran número de aparatos Blaine que hemos recibido en el Laboratorio Central para su tarado.

Las cifras que se marcan en el Pliego para la superficie específica parecen estar de acuerdo con lo que se exige en otros países, que a su vez son cumplidas por la mayoría de los cementos españoles. No obstante, conviene recordar que esto supone una innovación y, por tanto, cuando termine el período de los cinco años marcado para la vigencia del presente Pliego se presentará la ocasión de retocar estos números si la práctica demostrara que esto es preciso.

La otra innovación del Pliego actual es la exigencia del ensayo de autoclave para controlar la estabilidad de los cementos Portland, Siderúrgicos y Puzolánicos.

En las Ponencias que presentaron el señor Guinea en los segundos Coloquios y el señor Calleja en los terceros, ya se hacía mención de estos ensayos. En la primera se hacía referencia a los resultados obtenidos en el Laboratorio de Ingenieros del Ejército, y en la segunda, se acompañaban los resultados de 40 cementos analizados en este Instituto, de entre los cuales, sólo tres habían dado malos resultados con la prueba de autoclave. Pues bien, si hacemos referencia a los ensayos realizados en el Laboratorio Central de Ensayo de Materiales de Construcción, los resultados obtenidos son en todo análogos, y los cementos que tuvieron una expansión superior al 1 por 100 no han llegado al 5 por 100 de los ensayados. Conviene destacar que en nuestro caso, y aun con probetas totalmente desintegradas en el ensayo de autoclave, las galletas de pasta pura no habían puesto de manifiesto ninguna expansión. También creemos interesante dar a conocer que en el momento de realizarse los ensayos, en los cementos que no cumplieron con la prueba de expansión, se comprobó la existencia de cal libre por encima del 2 por 100. La cifra del 1 por 100 fijada para la expansión en el Pliego actual, es análoga a la aceptada en otros países y mucho menos restrictiva de la que tenían oficialmente reconocida en los Pliegos de los Estados Unidos hasta principios de este año, y que era del 0,5 por 100. Hago mención de la fecha de principios de año, ya que últimamente hemos recibido una nueva edición de las normas ASTM en que el límite del 0,5 por 100 de expansión ha sido subido al 0,75 por 100.

Por otra parte, el ensayo de expansión por medio del autoclave tampoco constituye una novedad en nuestros Pliegos, pues era preceptivo para los cementos de alta estabilidad (ahora suprimidos) y, en ciertos casos, obligatorio para los Siderúrgicos y los P-350.

Una vez comentadas brevemente las diferencias entre el Pliego vigente y el anterior, vamos a comparar el Pliego actual con las condiciones que prescriben los Pliegos de otros 40 países, que conocemos a través de las publicaciones del Cembureau y de las normas últimamente recibidas. Creo que esta comparación puede sernos muy útil, pues nos dará idea de las exigencias de nuestro Pliego y al mismo tiempo nos permitirá situar nuestros cementos en relación con los de otros países, lo cual es muy importante para un futuro estudio de las posibilidades de exportación de estos productos.

Como las condiciones exigidas en los diversos Pliegos son consecuencia de los métodos de ensayo utilizados para determinarlas, la ausencia en el momento actual de una completa normalización internacional hace que toda comparación sea tremendamente compleja y, por tanto, los resultados que vamos a exponer deben ser sólo orientadores, porque si el problema de la normalización ofrece dificultades dentro del ámbito nacional, la complejidad aumenta enormemente cuando se pretende darle un carácter internacional.

Siendo los métodos químicos de una mayor aceptación internacional, hemos de dar ponderadamente mayor interés a los resultados de los mismos.

Conviene destacar que el límite del 5 por 100 que marca nuestro Pliego como máximo para el óxido magnésico, es aceptado por veintidós países. Solamente dos, Brasil y Checoslovaquia, adoptan el 6 por 100; once, el 4 por 100, y cinco, menos del 4 por 100. El hecho de que más de la mitad de los países considerados adopten en este momento nuestro mismo valor, da una idea de la ponderación y modernidad de nuestro Pliego. Aunque no en la misma proporción, también son optimistas los resultados de la comparación en cuanto se refiere con el límite marcado para la pérdida al fuego. Nuestro 4 por 100 es adoptado por nueve países; doce fijan el 5 por 100, y trece, el 3 por 100, con lo que se ve que estamos en un término medio bastante aceptable.

No ocurre lo mismo con el trióxido de azufre y con los insolubles; el 4 por 100 máximo admitido por nosotros para el trióxido de azufre es superado solamente por Yugoslavia, que admite el 5 por 100. El 3,75 por 100 es aceptado por Bélgica; el 3,5 por 100, por Francia, Suecia y Suiza; diecinueve países admiten el 3 por 100, y dieciséis, menos del 3 por 100.

En cuanto a los insolubles, en los que nosotros admitimos como máximo el 3 por 100, sólo Rumania, en uno de sus tipos, acepta más que nosotros, igual Francia y Holanda; el 2 por 100 es adoptado por seis países, y otros 19 Pliegos fijan valores menores del 2 por 100.

Se ve bastante claro que tanto en el trióxido de azufre como en los insolubles estamos altos en relación con el extranjero. A ninguno de ustedes se le oculta que detrás de la unión de estos dos factores, están el aluminato tricálcico y el yeso. Estos límites algo altos no quieren decir que algunos de nuestros cementos, por acercarse a esos límites, tengan que ser malos, pero sí pueden constituir una barrera muy fuerte de saltar cuando, como consecuencia de la expansión en los medios de fabricación que ustedes tan loablemente están llevando a cabo, sea necesario competir en el mercado internacional. Estoy seguro no se les habrá escapado que con estos límites, ellos pueden venir a vender cemento, pero algunos de ustedes no podrán ir a muchos países.

En relación con los ensayos mecánicos, diecinueve países utilizan solamente el método del tamizado y quince incluyen el ensayo de superficie específica, aunque algunos, como en el nuestro, permitan realizar indistintamente cualquiera de los dos métodos.

Si observamos concretamente al grupo de los Portland, se aprecia que los cementos tipo 250 están bastante bien encajados en la línea internacional, tanto en el principio como en el final del fraguado. Sin embargo, en los tipos 350 y 450 la mayoría de los países fijan una iniciación de fraguado superior a la nuestra. Los 30 minutos los transforman en 45 ó 60, y nuestras 10 horas del final, las suben por lo menos a 12.

Para los ensayos de expansión se siguen utilizando las galletas y el ensayo de Le Chatelier en bastantes países, pero se va abriendo paso el ensayo de autoclave, que ya es adoptado prácticamente en la tercera parte de los países consultados.

En cuanto a resistencias, poco he de decir. Nuestros 450 kg/cm² de resistencia máxima a compresión a los 28 días son superados en algunos países, pero no en muchos. Se ve que la necesidad de disponer de hormigones con una carga de rotura muy elevada se satisface en parte con cementos más resistentes, pero también con métodos de ejecución y conservación más cuidados y que produzcan materiales con una uniformidad garantizada.

Por otra parte, no hay que olvidar que estas resistencias que figuran en los Pliegos, en unos casos se refieren a las obtenidas con el ensayo RILEM/CEMBUREAU como en el nuestro, y en otros con cubos de 5 ó 7 cm de arista y con morteros de composición muy diversa. Es posible que para los próximos Coloquios tengan ustedes que empezar a pensar en un P-550, pero no creo deba ser tema de preocupación para ustedes en este momento la fabricación de cementos con carga de rotura de 500 ó más kg/cm² a los 28 días.

Quizás, como resumen de la comparación realizada, convendría prestar más atención a la duración de fraguado en los tipos 350 y 450. Como les he indicado, en la mayoría de los países el principio de fraguado empieza más tarde que en el nuestro, y el final bastante después.

Las pequeñas diferencias que he puesto de manifiesto entre las condiciones de nuestro Pliego y los de otros países, quedarán más marcadas cuando al progresar la normalización internacional se aplique el mismo método en todos los países para cada ensayo.

Aun cuando el cemento, como elemento fundamental del hormigón, es objeto de cuidado especial en todas las normas y reglamentos relacionados con este material, las asociaciones internacionales que se han ocupado especialmente de sus características son la RILEM, el CEMBUREAU y la ISO.

En la RILEM, que, como ustedes saben, agrupa a los laboratorios de ensayo de materiales de construcción, actúa una Comisión técnica dedicada especialmente a los ensayos de cementos y hormigones, y cuya última reunión tuvo lugar en París el pasado mes de abril, con participación española. El CEMBUREAU es de sobra conocido por ustedes, y la ISO es la Organización Internacional de Normalización.

Su misión es la de favorecer el desarrollo de la normalización en el mundo entero, con el fin de facilitar, entre todas las naciones, los intercambios de mercancías y llegar a un mutuo acuerdo en el campo intelectual, científico técnico y económico. En la actualidad forman parte de tal organización cuarenta y seis naciones, representadas por los órganos encargados de la normalización en sus respectivos países, así como una serie de organismos internacionales, que entre sus actividades se ocupan también de ese importante tema.

Por fortuna para la ISO, la enorme dificultad que representa el establecer normas de carácter internacional se ve paliada por el hecho de que esa Asociación no pretenda el que tales normas obliguen formalmente a los países miembros incorporados a la misma; su finalidad es la de establecer recomendaciones tales que permitan que en las relaciones de unos países con otros se pueda, cuando menos, hablar en el mismo idioma. Solamente en el caso de que una recomendación ISO sea aceptada por unanimidad de todos sus miembros, puede llegar a adquirir el carácter de norma ISO. Lo cierto es que cada día es mayor el número de ensayos que en los laboratorios de control se han de realizar, por expreso deseo del peticionario, de acuerdo, precisamente, con lo indicado en las recomendaciones ISO.

El Comité Técnico núm. 74 de esa organización se ocupa específicamente de los conglomerantes hidráulicos. De él son miembros veinticinco países (entre ellos España) y organizaciones como la RILEM, el CEMBUREAU y el Comité Europeo del Hormigón.

España está representada en dicho Comité Técnico por el Instituto Nacional de Racionalización del Trabajo, el cual ha delegado en el doctor en Ciencias Químicas don Manuel del Campo, que viene asistiendo ininterrumpidamente a todas las sesiones.

Pues bien, en estos momentos, y como consecuencia de los trabajos que se han venido realizando, el Comité ISO/TC 74 ha presentado a la Secretaría General de la ISO, para ser elevadas al rango de Recomendación, las normas de análisis químico de cementos, así como las de su ensayo mecánico. Ambas normalizaciones concuerdan plenamente con las que establece nuestro actual Pliego de Condiciones, pues desde el ensayo fotométrico de determinación de los álcalis, al método RILEM-CEMBUREAU para su ensayo mecánico, pasando por el de Fratini para reconocer el carácter puzolánico, son ejemplos que confirman la concordancia indicada.

El efecto que produce la aparición de esta normalización de carácter internacional es ciertamente importante. No cabe la menor duda que ella es aceptada por todos aquellos países que en estos momentos surgen como tales en el concierto mundial. Pero no lo es menos que aquellos otros de técnica más avanzada, reajustan sus propios métodos de ensayo y se adaptan igualmente a lo que preconizan las Recomendaciones ISO. Que ello es así lo pone de manifiesto el hecho de que naciones como Francia, Italia, Alemania, de hecho han aceptado como únicos los métodos recomendados por la ISO. Las normas francesas AFNOR P.15-401, 402, 403, 411, 412, 413, 431, 451 y 461 sirvan a título de ejemplo para confirmar tal aserto.

En estos momentos es objeto de estudio, por parte del Comité ISO/TC 74, la posibilidad de establecer un método de ensayo que pueda ser válido para determinar la resistencia de los conglomerantes hidráulicos a la acción agresiva de aguas y terrenos selenitosos. Se estudia igualmente el establecer el método más idóneo para determinar el calor de hidratación en cementos; y por último, se pretende establecer una clasificación de los cementos de acuerdo con su resistencia mecánica, determinada ésta por el método RILEM-CEMBUREAU, que, como se ha indicado anteriormente, es el adoptado en nuestro Pliego.

Por todo lo expuesto, no creo pecar de exceso de optimismo al afirmar que el Pliego vigente está en línea con los más modernos extranjeros.

2. Pliegos especiales

Aunque brevemente, vamos a dedicar nuestra atención al segundo tema de los que constituyen esta Ponencia: a los Pliegos especiales.

En una situación de mercado como la actual, con un claro predominio de la demanda, por lo menos en algunas zonas, resulta quizás un poco pintoresco hablar de Pliegos especiales. Sin embargo, si se tiene en cuenta que no nos volveremos a reunir en un coloquio análogo hasta dentro de tres o cuatro años, y que durante este tiempo, y gracias a las ampliaciones previstas por ustedes en las instalaciones de fabricación puede cambiar de signo la situación en el mercado, creo que, aunque de forma resumida para no cansarles, debo tocar este tema.

Parece lógico que un cemento especial sea fabricado de manera económica cuando las necesidades estén por encima de un determinado volumen, aunque no hay que olvidar que el volumen de demanda y el precio son dos factores que influyen de manera preponderante en este tema. Pero si nos centramos solamente en aquellos casos en los que el volumen de demanda sea lo suficientemente importante como para interesar a ustedes en la fabricación de un tipo especial de cemento, parece que en el momento actual sólo debemos concentrar nuestra atención en los Pliegos especiales de cementos para presas.

Para la construcción de estos grandes volúmenes de hormigón se requieren unas características en el conglomerante, de las cuales alguna puede convenir sea diferente de las señaladas en el Pliego vigente.

Las características que más se destacan, consecuencia de los métodos de transporte, colocación y consolidación del hormigón utilizado en presas, son las que se refieren al fraguado. La colocación de 1.000 ó 1.500 m³ diarios de hormigón exige una maquinaria compleja para la elaboración de este material, que corrientemente está alejada del sitio donde éste debe ser colocado.

Hay, por tanto, un transporte desde la central de hormigonado hasta el bloque que se está construyendo, que requiere un tiempo apreciable y, desde luego, muy superior, en muchos casos, al fijado en el Pliego para la iniciación del fraguado. Por otra parte, la necesidad de coser en muchos casos una tongada de hormigón con la anteriormente colocada, fija también unos límites al final del fraguado.

El que para estos cementos se tenga que exigir una estabilidad de volumen determinada, y un calor de hidratación distintos de los marcados en nuestro Pliego, son temas que serán tratados próximamente por una Comisión que actúa desde antes del verano organizada por el Centro de Estudios Hidrográficos del Ministerio de Obras Públicas.

Quitando este tipo de cemento para presas, yo no veo en un porvenir inmediato otras exigencias de Pliegos especiales.

Los conglomerantes necesarios para la elaboración de hormigones de alta resistencia inicial para prefabricación o de altas resistencias finales para grandes estructuras, quedan ya incluidos en el Pliego vigente.

Supongo que ustedes saben que en el próximo mes de mayo se va a celebrar en Palermo una reunión internacional, organizada por la RILEM en colaboración con la Asociación Nacional Permanente de los Congresos de Navegación, y en la que se va a tratar del comportamiento del hormigón expuesto al agua del mar. El primer tema de esta reunión está dedicado al aspecto físico, mecánico y químico del hormigón para obras portuarias. Es prematuro imaginar las conclusiones que se sacarán de dicho Simposio, pero quizá en él se marque alguna característica especial para los cementos a utilizar en dichas obras. Es esta una rama de la construcción en la que, dado el volumen previsto de inversiones en puertos en el Plan de Desarrollo, se podría originar una demanda suficiente de algunos cementos de características especiales, pero, como les acabo de decir, me parece que sacar ahora conclusiones al respecto puede no ser prudente.

3. Conclusiones

Personalmente considero que no terminaría en forma adecuada esta Ponencia si no ofreciera toda ella a su discusión, pero muy especialmente unas conclusiones que es de rigor esté obligado a hacer. Las conclusiones que someto a su consideración son las siguientes:

1.º Creo que el Pliego vigente en la actualidad está en concordancia con la mayoría de los Pliegos extranjeros. Que en él se han dado entrada a métodos internacionales adoptados o recomendados por la ISO y que los tipos y clases de conglomerantes en él incluidos son lo suficientemente variados como para asegurar que con ellos se satisfacen las diversas demandas que pueden producirse durante los próximos años.

2.º La construcción de obras hidráulicas, y más concretamente las presas, va a exigir en plazo breve algunos conglomerantes especiales.

3.º Convendría irse preparando para una futura competencia comercial en el campo internacional, para lo cual será importante que los conglomerantes fabricados, además de cumplir con lo especificado en el Pliego actual, tengan un bajo contenido de trióxido de azufre y de insolubles, y unos fraguados que empiecen y terminen más tarde.

Señores, sólo me resta dar las gracias al Consejo de este Instituto por su cordial invitación, y a ustedes por la amable atención que me han concedido, y con ello dejo paso libre para que el señor Presidente abra la discusión correspondiente.