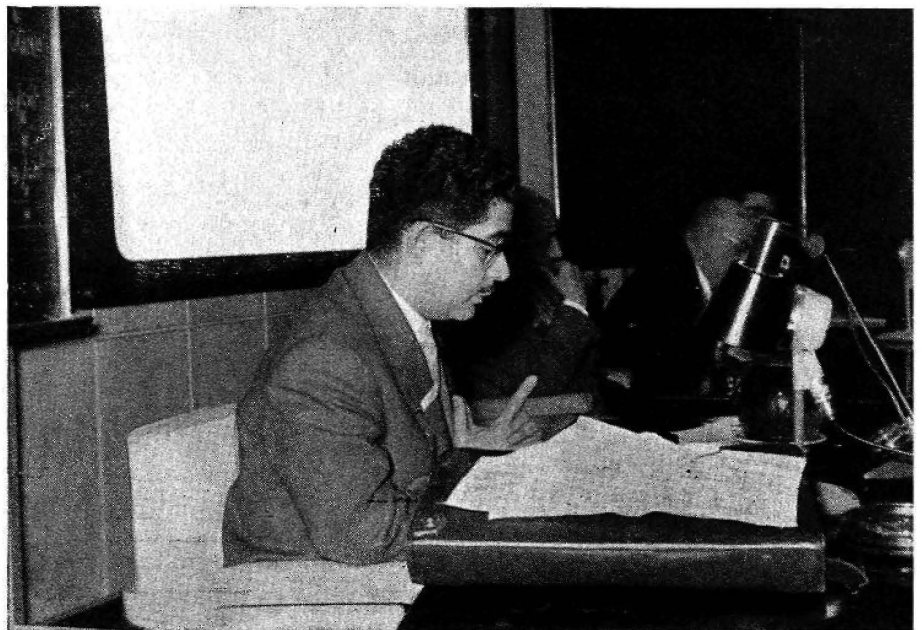


el nuevo pliego general de condiciones para la recepción de conglomerantes hidráulicos en las obras de carácter oficial

JOSE CALLEJA CARRETE
Doctor en Ciencias



Excelentísimos señores, Señores:

La grata circunstancia de encontrarnos una vez más (la tercera) reunidos con motivo de estos Coloquios de Directores y Técnicos de Fábricas de Cemento, es propicia como ninguna otra para dar a conocer hechos y aspectos que de otra manera quedarían ignorados o mal conocidos, al menos por un importante sector de fabricantes.

La gran novedad que ha surgido desde la celebración de los anteriores II Coloquios, en 1957, ha sido, como es bien notorio, la promulgación del nuevo Pliego General de Condiciones para la Recepción de Conglomerantes Hidráulicos en obras de carácter oficial.

Sin título para ello, por no haber formado parte de la Comisión que en él ha entendido, he sido designado para presentar la ponencia relativa al tema.

Desconocedor, por lo tanto, de información de primera mano referente a cuestiones que tal vez sean objeto de discusión, mucho temo no estar en condiciones de responder a la mayor parte de ellas.

No obstante, delego este cometido en los que con más conocimiento y eficacia que yo pueden hacerlo, ya que se da la circunstancia de que algunos de ellos se hallan presentes.

Las fuentes de información que han servido para preparar esta ponencia han sido los documentos que obran en este Instituto acerca del tema y, eso sí, los resultados experimentales obtenidos en los ensayos realizados con los cementos enviados por las fábricas para tal fin.

Con esta aclaración, ya que no justificación, de lo que a todas luces parece intrusismo, paso a tratar de la ponencia.

1. Antecedentes

El Pliego General de Condiciones para la Recepción de Aglomerantes Hidráulicos en las obras de carácter oficial, vigente transitoriamente aún hoy día, data del año 1930, fecha a todas luces arcaica.

Puede decirse que, pese a algunas modificaciones introducidas en él en años sucesivos hasta 1957, el que ha llegado hasta nuestros días, es, sustancialmente, el mismo aprobado en febrero de 1930.

Las modificaciones de referencia, y por orden cronológico, fueron las siguientes:

- 1.ª En el mismo año 1930, una relativa al ensayo de resistencia a tracción.
- 2.ª En 1933, otra relativa al cemento Zumaya, ampliando el límite de magnesia y variando la proporción de agua empleada para el amasado de este cemento.
- 3.ª En 1943, otra sustituyendo los métodos de análisis químico.
- 4.ª En 1946, otra referente al análisis de los cementos con escorias.
- 5.ª En 1957, la última, de escasa importancia.

Como se ve, ninguna de estas modificaciones, ni todas ellas en conjunto, han supuesto una puesta al día del Pliego de 1930, pues han afectado mayormente al aspecto químico, y a cementos distintos del Portland.

Estaba, pues, justificado pensar, y así se reconocía, tanto por los sectores fabricante y usuario, como por los servicios oficiales, que el Pliego en vigor estaba anticuado, y cada vez más. Y tanto más, cuanto que en los años transcurridos entre su nacimiento y los momentos presentes y próximos pasados, las industrias del cemento y de la construcción han experimentado en todo el mundo una evolución, o tal vez una revolución. Los motivos de toda índole están en el ánimo de todos.

Por ello, los citados servicios oficiales, ante la urgente necesidad o conveniencia de remozar el Pliego, nombraron a los efectos una Comisión que no llegó a reunirse.

Los primeros antecedentes de que tenemos constancia en relación con el problema de la puesta al día del Pliego, son los que constan en el archivo del antiguo Instituto del Cemento, creado en 1947.

En tal fecha, reunidos en la Delegación del Gobierno en la Industria del Cemento los consejeros del Instituto, bajo la presidencia del entonces director del mismo, don Félix González, se acordó considerar las posibles modificaciones del Pliego con vistas a su actualización, comenzando para ello por estudiar todos los Pliegos de los distintos países, teniendo en cuenta las condiciones generales de los cementos españoles.

En 1948 se abordó, como parte del problema general, el estudio experimental de normalización de arenas y tamicas. El mismo año, y ante la insistencia de las entidades, tanto oficiales como particulares, interesadas en la puesta al día del Pliego, el Instituto del Cemento nombró una Comisión asesora del Director, con miembros propuestos por la Agrupación de Fabricantes. Esta Comisión, constituida por representantes del Consejo del Instituto y de las Industrias, debería abordar el estudio de los Pliegos extranjeros, tal como previamente se había acordado.

En 1949 se habían recogido ya varias observaciones y sugerencias hechas por las fabricantes, como cooperación al perfeccionamiento del Pliego.

En el mismo año tuvo lugar la fusión del recién creado Instituto del Cemento, con el de la Construcción y Edificación, previa inclusión de éste en el Patronato "Juan de la Cierva". De tal fusión resultó el actual Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento.

Con motivo de los cambios introducidos, el nuevo Instituto nombró otra Comisión, presidida por el profesor doctor J. M. Coronas, para el estudio y elaboración de un nuevo Pliego que, en su día, pudiera constituir una ponencia del Instituto.

Los miembros de esta Comisión fueron: don Adrián Margarit, don José María Balaguer, don Carlos de la Peña, don Alfonso Mantecón, don Manuel de los Santos, don José Pérez Reyna y don José Ramón Uriarte.

Fué criterio del Instituto que ninguno de sus técnicos formara parte de dicha Comisión, con objeto de que ésta gozara de la máxima libertad de criterio y acción.

Por otra parte, la Comisión contó, desde el principio, con la colaboración de los Laboratorios de Ingenieros del Ejército, el Central de Ensayos del Ministerio de Obras Públicas, el de Investigaciones Técnicas de la Diputación de Barcelona, el Central de la Compañía Asland y otros.

La primera noticia pública de las actividades de la Comisión, cuyos trabajos comenzaron en 1952, fué dada a conocer por don J. M. Balaguer, miembro de la misma, en su ponencia sobre el tema, presentada en los primeros Coloquios de Directores y Técnicos de Fábricas de Cemento, que tuvieron lugar en otoño de 1954. La ponencia fué ampliamente discutida y constituyó una de las publicaciones de dichos Coloquios.

En octubre de 1952, y ante las obras de carácter militar que iban a iniciarse en España por acuerdo de nuestro Gobierno y el de los Estados Unidos, los Ministerios del Ejército y de Industria se dirigieron al Instituto en solicitud de datos comparativos de las calidades de los cementos españoles y norteamericanos.

Se reiteró oficialmente la necesidad de disponer de un Pliego puesto al día, y se indicó la conveniencia de que fuese el Instituto el organismo encargado de realizar la correspondiente labor, pues de otro modo se ocuparían de ella los Servicios Técnicos del Ministerio de Industria.

El Instituto aceptó el encargo, ahora ya oficialmente, entendiéndolo que al hacerlo podría realizar una labor eficaz y satisfactoria, por conocer más de cerca la situación y necesidades de la Industria del Cemento.

La Comisión últimamente nombrada tomó a su cargo el trabajo, que por otra parte ya venía realizando desde hacía un año, y lo enfocó de acuerdo con las siguientes tres directrices fundamentales:

1.º El nuevo Pliego habría de estar en consonancia con otros extranjeros modernos y ser equiparable a un buen número de ellos. Para esto, nada mejor que encauzarlo por las normas de la R. I. L. E. M. (Reunión Internacional de Laboratorios de Ensayo de Materiales), organismo que, a pesar de su apelativo de internacional, agrupa en su mayoría a un buen número de países europeos. Ninguna ocasión ni motivo mejores para que el nuestro entrase en pie de igualdad en el concierto de todos ellos.

2.º Dar al nuevo Pliego un alcance tal, en cuanto a valores numéricos límite, que éstos pudieran ser satisfechos con facilidad por la industria española, teniendo en cuenta su situación y características peculiares.

3.º Tratar de mejorar, en general, la calidad de los cementos en la medida de lo posible, estableciendo categorías del producto, con vista a una revalorización del mismo y a una consiguiente mejora de los precios de venta.

En agosto de 1957, la Subsecretaría del Ministerio de Industria se dirige al Instituto interesándose nuevamente por el Pliego, interés que volvió a reiterar dos meses después, solicitando al propio tiempo la fijación, por parte del Instituto, de un plazo para la conclusión de la Propuesta en estudio.

A estas alturas, los trabajos estaban prácticamente concluidos, y sólo a falta de algún detalle final, por lo que a principios de 1958 se presentó al Consejo del Instituto la Propuesta elaborada por la Comisión nombrada al efecto.

2. La propuesta de Nuevo Pliego

El Instituto introdujo algunas modificaciones de forma en el documento presentado por la Comisión, y, una vez revisado por el Consejo, y previo acuerdo tomado en tal sentido, se enviaron ejemplares del mismo a la Delegación del Gobierno en la Industria del Cemento, a la Agrupación de Fabricantes e incluso directamente a las fábricas.

Pudieron éstas, desde entonces, ensayar, siquiera de forma aproximada, los métodos propuestos, y catalogar sus cementos con arreglo a los resultados de dichos métodos, en las distintas categorías establecidas en la Propuesta. Tal vez lo más difícil para poder realizar los ensayos era disponer de la arena normal especificada, pero ya entonces estaba el Instituto en condiciones de suministrarla preparada y sin limitación. A fines de 1958, el Instituto había suministrado ya unas 10 toneladas, y a fines de 1959 esta cantidad ascendió a 40 toneladas. En el momento presente se puede evaluar en unas 54 toneladas.

También el Instituto gestionó, por indicación de la Agrupación de Fabricantes, la importación de telas de tamices para poner a disposición de cuantas fábricas desearan prepararse por sí mismas la arena para sus ensayos.

Con motivo de algunas enmiendas a la Propuesta, presentadas por fabricantes, la Presidencia del Instituto propuso, y el Consejo en pleno acordó, por una parte, establecer un plazo de presentación de sugerencias en relación con la Propuesta, por cuantos fabricantes lo creyesen oportuno, y, por otra, ofrecer a todos la información y los servicios del Instituto en vista de las frecuentes consultas y peticiones de análisis y ensayos que por entonces ya se iban recibiendo.

3. Enmiendas y sugerencias

Como es natural, se adoptó el criterio de estudiar con toda atención las propuestas de inclusiones, supresiones y modificaciones enviadas, así como de tomarlas en consideración, siempre que no hubiese evidentes argumentos en contra. Muchas de las sugerencias hechas se referían más bien a la forma que al fondo de los puntos tratados, y no hubo dificultad en aceptarlas desde el principio.

Algunas llegaron fuera del plazo establecido para su presentación, incluso después de haber sido elevada la Propuesta a los organismos oficiales. En tales casos, sin perjuicio de tomarlas en consideración, como las demás, se indicó a los remitentes la conveniencia de dirigirse a la Secretaría Técnica del Ministerio de Obras Públicas.

Entre las sugerencias aceptadas, presentadas tanto por las fábricas como por el personal técnico del Instituto, figuran, como más importantes, las siguientes:

3.1. Ampliar la definición de clínker que inicialmente se daba, en el sentido de admitir en los crudos materiales que, sin aportar elementos extraños a los de la composición normal del cemento, faciliten la dosificación y, en general, el proceso de fabricación (fundentes, fluidificantes, dispersantes, etc.).

3.2. Elevar el tanto por ciento de residuo insoluble de 2,5 fijado en la Propuesta, en atención a la aportación del mismo que pueden producir los yesos naturales añadidos para regular el fraguado, máxime cuando la Propuesta eleva de 2,5 a 4, por razones justificadas, el tanto por ciento máximo de trióxido de azufre.

3.3. Sustituir el concepto *sulfato cálcico natural*, incluido en la definición de cementos Portland, por el de *pedra de yeso*, para excluir la posibilidad de utilizar anhidrita natural como retardador del fraguado.

3.4. Admitir una ampliación del límite máximo de 15 % de C₃A en los cementos P-350 hasta el 18 %, siempre que en tales casos los cementos cumplan el ensayo de autoclave ASTM.

3.5. Extender a los cementos naturales lentos los métodos de ensayo aplicables a todos los conglomerantes incluidos en la Propuesta, excepto a los cementos naturales rápidos y a los Zumaya, por ser imposible aplicarlos a éstos, dadas sus características técnicas.

3.6. Calcular en todos los casos los factores numéricos de las expresiones que dan los resultados analíticos, de forma que éstos correspondan directamente al tanto por ciento del concepto considerado en el cemento analizado.

3.7. Suprimir la limitación del contenido máximo de óxidos de hierro en los cementos aluminosos, la cual fué establecida al principio.

3.8. Introducir en el capítulo de Definiciones y Designaciones un apartado relativo a los cementos Portland blancos y coloreados, en el que se indique que, no siendo la coloración cualidad definida en la Propuesta, los cementos blancos y coloreados que cumplan las condiciones fijadas para el Portland serán considerados como tales e incluidos en la categoría que les corresponda, según sus características químicas, físicas y mecánicas.

3.9. Ampliar la definición de cemento Portland en el sentido de que eventualmente puede darse la denominación comercial de cemento Portland a aquellos que, además de los componentes principales, contengan otras adiciones no nocivas en proporción no superior al 10 %, siempre que los cementos resultantes cumplan todas las condiciones químicas, físicas y mecánicas que se especifican para el Portland.

3.10. Establecer para los cementos naturales lentos dos categorías, según su resistencia mínima a compresión a los veintiocho días.

3.11. Incluir entre los cementos siderúrgicos los Portland de alto horno considerados en el Pliego antiguo y no tenidos en cuenta en la Propuesta inicial.

3.12. Establecer para los cementos puzolánicos las mismas categorías que para los Portland.

3.13. Rebajar de 8 a 6 %, en el caso del cemento aluminoso, el residuo máximo admisible sobre el tamiz de 4.900 mallas/cm². Asimismo, fijar para la fecha de un día las resistencias que anteriormente se exigían a este cemento a los dos días.

3.14. Establecer para los cementos siderúrgicos una cláusula en la que se indique que, siempre que en estos cementos el contenido de óxido magnésico sea superior al 5 % deberán cumplir el ensayo de autoclave.

Entre las sugerencias que se trasladaron al Ministerio de Obras Públicas figuran las siguientes:

3.15. Incluir en la Propuesta un nuevo tipo de cemento resistente a los sulfatos con un máximo tolerable de 3 % de insolubles, en lugar de 0,75, y sin especificación de límite para el contenido de silicato tricálcico.

3.16. Establecer, para los cementos puzolánicos, determinadas recomendaciones para su empleo en paridad con el Portland en todos los casos, así como fijar, por el momento, condiciones especiales a las puzolanas naturales.

4. Labor de la Comisión Delegada nombrada por la Agrupación de Fabricantes

A comienzos de marzo de 1958, la Agrupación de Fabricantes de Cemento nombró una Comisión para estudiar los métodos de ensayo de la Propuesta, solicitando del Instituto un plazo de seis meses para ello, que, naturalmente, fué concedido.

Desde un principio, la Comisión propuso en firme las siguientes modificaciones:

4.1. No incluir en la Propuesta los cementos resistentes a aguas selenitosas.

4.2. Ampliar el margen de proporción de escoria en los cementos siderúrgicos, incluyendo el tipo Portland de Alto Horno con una cantidad de clínker comprendida entre 30 y 70 %.

Establecer para él las mismas características y categorías que para el Portland siderúrgico.

4.3. Variar la denominación de los cementos siderúrgicos en el sentido de hacerla más en consonancia con la tradicional, con objeto de evitar confusiones.

4.4. Elevar de 3 a 4 los tantos por ciento máximos de trióxido de azufre y pérdida al fuego tolerables en los cementos siderúrgicos.

4.5. Rebajar a 2,95, 2,85, 2,80 y 3,00 los valores de 3,00, 2,90, 2,85 y 3,05 establecidos como mínimos para los pesos específicos reales de los cementos Portland, Portland siderúrgicos, Portland de Alto Horno y Aluminosos, respectivamente.

De estas modificaciones fueron aceptadas todas, a excepción de dos de ellas: la primera, relativa a la no inclusión de cementos resistentes a aguas selenitosas, y la segunda, referente a la disminución de los valores mínimos de los pesos específicos reales.

Las razones fueron, en un caso, la conveniencia de tener en cuenta dichos cementos—si bien con ciertas restricciones—por el interés que por ellos mostraron algunos servicios de obras públicas; en el otro, el criterio firme de la Comisión que redactó la Propuesta, apoyado en el hecho comprobado de que los cementos de las clases citadas cumplen fácilmente los límites mínimos establecidos para el peso específico.

5. Información pública sobre la Propuesta

En marzo y mayo, y en junio de 1958, respectivamente, aparecieron dos artículos relativos a la Propuesta, publicados en la revista "Cemento y Hormigón".

El primero, firmado por don Carlos de la Peña, miembro de la Comisión nombrada para la elaboración de la Propuesta, llevaba por título "Comentarios sobre el nuevo Pliego de Condiciones propuesto por el I. T. C. C." (Números 288 y 290 de la citada revista).

El segundo, firmado por el profesor Coronas, Presidente de la Comisión, se titulaba: "Consideraciones sobre una Propuesta de Pliego de Aglomerantes Hidráulicos" (Número 291 de la revista "Cemento y Hormigón").

También en el número 8 (tercer trimestre de 1958) de la revista "Materiales, Maquinaria y Métodos para la Construcción", se publicó un artículo firmado por don Patricio Palomar Llovet, titulado "La Propuesta de un nuevo Pliego de Condiciones para los cementos españoles".

En estas publicaciones se comentaban y justificaban algunos de los puntos base de la Propuesta y se exponían los antecedentes que culminaron con la redacción definitiva de la misma.

En las Memorias anuales de la Delegación del Gobierno en la Industria del Cemento también se dieron noticias acerca de la Propuesta. Así, en la de 1957, se daba la definición de todos y cada uno de los cementos incluidos en ella, antes de ser introducida ninguna modificación. En la de 1958 se exponían las definiciones de los cementos con las designaciones posteriormente introducidas y las modificaciones y ampliaciones aceptadas, así como los cuadros relativos a las prescripciones de carácter tanto químico como físico y mecánico.

6. Cursillo sobre práctica de los ensayos de la Propuesta

A través de la Agrupación de Fabricantes de Cemento, el Instituto dió a conocer a las fábricas su intención de celebrar un breve cursillo en abril de 1958, con objeto de poner en práctica los métodos de ensayo de la Propuesta. Podían asistir a él cuantos técnicos y auxiliares de laboratorio creyesen oportuno enviar las empresas, y tenía por objeto la observación y realización, por parte de todos, de los nuevos ensayos propuestos, a fin de resolver dificultades, aclarar puntos y, sobre todo, crear una uniformidad de "modus operandi" para que los resultados pudieran ser estrictamente comparables.

Interesaba, por lo tanto, la mayor concurrencia posible de personal. El número de los asistentes ascendió a 46, pertenecientes a 32 fábricas, entre laborantes, auxiliares y jefes de laboratorio, unos como ejecutantes y otros como observadores.

La duración fué de unas dos semanas, y en este tiempo se cumplieron satisfactoriamente los fines propuestos.

Como complemento, y para que las empresas pudieran conocer la situación y encuadre de los cementos de su producción en las nuevas categorías establecidas en la Propuesta, el Instituto se brindó a realizar, con carácter gratuito y totalmente reservado, un ensayo completo de cada uno de los cementos que las fábricas tuviesen a bien

enviar. Esta oportunidad se dió a conocer directamente a todas las fábricas y también a través de la Agrupación, en los primeros días de junio de 1958.

Se recibieron, como consecuencia de ello, alrededor de 60 cementos distintos, enviados por unas 30 fábricas (un promedio de dos por fábrica).

Los resultados de estos ensayos se dieron a conocer a los respectivos interesados, quedando completa la información en octubre del mismo año, salvo la correspondiente a muestras recibidas con retraso y fuera del plazo señalado, las cuales, no obstante, se ensayaron en su totalidad.

De los resultados obtenidos se tratará en breve con algún detalle.

7. Versión de la Propuesta enviada a la Presidencia del Gobierno y a los Ministerios de Industria y Obras Públicas

Habiendo tenido en cuenta las sugerencias y enmiendas presentadas por los fabricantes y por la Comisión nombrada por su Agrupación, así como los resultados de los ensayos gratuitos de los cementos y los cambios de impresiones tenidos con el personal técnico de las fábricas durante el cursillo, el Consejo del Instituto redactó la que pudiera llamarse versión definitiva de la Propuesta, la cual fué enviada a los organismos oficiales citados.

Con relación a la versión de la Propuesta conocida por la Agrupación de Fabricantes y por las fábricas, la enviada a la Superioridad apenas difería en pequeños detalles de forma, léxico o designación.

Las únicas diferencias dignas de mención eran:

- 7.1. La ampliación de la definición de cemento Portland en la forma anteriormente citada.
- 7.2. La introducción de un apartado relativo a cementos blancos y coloreados, en la forma ya expuesta.
- 7.3. Algunos cambios de designación relativos a los cementos siderúrgicos.

Con todo ello, se elevó a la Superioridad la Propuesta en octubre de 1958, enviando ejemplares a la Presidencia del Gobierno, al Ministerio de Obras Públicas y al Ministerio de Industria.

8. Intervención de la Secretaría General Técnica del Ministerio de Obras Públicas

En febrero de 1959 se recibió en el Instituto una nota de observaciones de dicha Secretaría. Se hacía en ella un estudio comparativo completo de la Propuesta de nuevo Pliego con el Pliego aún en vigor, señalando, sobre todo, las diferencias más destacadas.

Estudiada con todo detalle la mencionada nota por la Comisión Delegada, el Instituto redactó a su vez otra muy documentada, justificativa de los puntos que la Secretaría General hacía destacar en la suya.

La Comisión Delegada llegó a la conclusión de juzgar conveniente la aprobación oficial de la Propuesta del Instituto, sin más alteraciones que la de elevar de 0,75 a 3 % el contenido máximo tolerable de residuo insoluble en los cementos Portland resistentes a las aguas selenitosas, la de corregir el factor numérico de la determinación del trióxido de azufre en los cementos, en el sentido de adoptar 0,3430 en lugar de 0,3429, y la de enmendar algunas erratas mecanográficas y defectos de redacción, todo ello de menor cuantía.

En consecuencia, propuso en firme la aprobación de la Propuesta, de acuerdo con una nueva o novísima versión, en la que se tuvieron en cuenta las citadas enmiendas promovidas por la Secretaría Técnica del Ministerio de Obras Públicas.

En noviembre de 1959 un ingeniero de la misma solicitó del Instituto algunas aclaraciones sobre el detalle de algunos métodos, a las que se respondió entonces verbalmente, y después por escrito, aceptando o rechazando, según los casos, siempre previa justificación, las sugerencias hechas, todas ellas relativas a cuestiones secundarias o de escasa importancia.

Solamente se hizo hincapié sobre la cuestión planteada acerca de la relación existente entre las resistencias mecánicas a compresión de los morteros según el Pliego vigente y según la Propuesta. En la información correspondiente indicaba el Instituto que el cemento P-150 corresponde al cemento Portland normal del Pliego vigente; que el P-250 equivale al considerado en el mismo como supercemento, y que, por lo tanto, el P-350 supone una categoría superior, hasta el momento no existente, a no ser con carácter esporádico y excepcional.

9. El Pliego publicado por el Boletín Oficial del Estado

Con posterioridad a cuanto queda señalado, el Instituto no tuvo ningún nuevo contacto con la Secretaría Técnica del Ministerio de Obras Públicas.

En enero de 1960 aparece publicado en el "Boletín Oficial del Estado" un Pliego de Condiciones notablemente diferente a la Propuesta presentada por el Instituto:

Las diferencias pueden agruparse en tres categorías:

- a) Relativas a erratas y defectos de estilo o redacción.
- b) Relativas a variaciones que no afectan en absoluto a lo esencial de la Propuesta.
- c) Diferencias fundamentales que afectan sustancialmente a la Propuesta.

Dejando de considerar las primeras y segundas por su escasa importancia e interés, las más destacadas entre las terceras son las siguientes:

9.1. El residuo insoluble máximo, en tanto por ciento, es rebajado a 1,5 en los cementos P-250 y P-350. ¿Por qué, si está demostrado que un cemento puede ser extraordinario en todos los aspectos con un residuo insoluble mayor? Esta limitación parece estar un tanto en pugna con la tolerancia de hasta 10 % de materiales de adición "no nocivos", pues puede darse el caso de adiciones que mejoren las características físicas y mecánicas y sólo interfieran en las químicas en cuanto a elevar ligeramente el residuo insoluble.

9.2. Al cemento P-350 se le impone un límite máximo de 35 % de silicato tricálcico cuando haya de ser utilizado para presas.

No parece lógico utilizar este cemento para tal tipo de obras, por razones que no es preciso comentar. No debe ser fácil, por otra parte, que abunden los Portland P-350 con menos de 35 % de silicato tricálcico, a menos de que sean cementos molidos a grandes finuras (en general, por encima de 3.500 cm²/g de superficie específica Blaine).

Incidentalmente, diré que especificar sobre composiciones potenciales del cemento tiene mucho de aleatorio, si éstas se determinan por el cálculo basado en el análisis químico y si se admite que el cemento Portland puede tener hasta un 10 % de adiciones no nocivas, sin otra especificación.

Otra cosa es hablar de composición potencial de clínker.

9.3. Al cemento P-250 se le impone un límite máximo de 12 % de aluminato tricálcico.

Parece extraño exigir a la categoría P-250 una condición más dura que a la categoría superior P-350, sin una explicación. Es de suponer que la hay, aunque no sé cuál es. Es posible, por darse así en otros Pliegos, y concretamente en las normas ASTM, que se haya pensado en limitar el contenido de aluminato tricálcico del P-250 para conferir a esta categoría la condición de moderadamente resistente a los sulfatos. De ser así, es imprescindible hacer constar este extremo al definir la clase y categoría P-250, tal como se hace en otras normas. Pero, al hacerlo, resultará que todos los cementos P-250 deberán ser moderadamente resistentes a los sulfatos, lo que, si bien sería muy saludable, no creo que sea necesario ni fácil de conseguir en algún caso. Por otra parte, y partiendo siempre de la hipótesis sentada, personalmente dudo de que el límite de 12 % de aluminato tricálcico confiera a los cementos la condición de moderadamente resistentes a los sulfatos hasta el punto de poderlos llamar así. Las normas ASTM fijan este límite máximo en 8 % (tipo II).

9.4. En la determinación del principio y fin del fraguado, así como en la descripción de la prensa para el ensayo de resistencia a compresión se introducen modificaciones cuyos motivos no se comprenden fácilmente.

9.5. En el procedimiento operatorio para determinar el calor de hidratación de los cementos se hacen supresiones que no tienen justificación.

9.6. Hay, en cambio, otras modificaciones relativas a detalles sobre: resultados de ensayos mecánicos, arena normal, resultados de expansión en autoclave, temperaturas de las salas de trabajo y determinación del calor de hidratación, que no hay inconveniente en aceptar, si bien podían, con igual o mejor justificación, quedar como estaban en la Propuesta.

En conclusión, la exposición de cuanto antecede demuestra que, si el Pliego publicado en el "Boletín Oficial del Estado" difiere sustancialmente de la Propuesta hecha por el Instituto, ello obedece a razones totalmente ajenas a este Centro.

los cementos españoles ante la propuesta de un nuevo pliego general de condiciones

Dr. J. CALLEJA

índice

1. Antecedentes.
2. Muestras ensayadas.
3. Ensayos realizados.
4. Resultados.
- 4.1. **Cementos Portland.**
 - 4.11. Agua de amasado.
 - 4.12. Principio y fin del fraguado.
 - 4.13. Peso específico real.
 - 4.14. Finura de molido. Superficie específica Blaine.
 - 4.15. Estabilidad de volumen por el método de observación de las galletas. Expansión en autoclave (A. S. T. M. C 151-52).
 - 4.16. Resistencias mecánicas en mortero a flexotracción y compresión.
 - 4.17. Análisis químico.
 - 4.18. Composición potencial calculada.
 - 4.19. Calor de hidratación.
- 4.2. **Cementos blancos.**
 - 4.21. Agua de amasado.
 - 4.22. Principio y fin del fraguado.
 - 4.23. Peso específico real.
 - 4.24. Finura de molido. Superficie específica Blaine.
 - 4.25. Estabilidad de volumen por el método de observación de las galletas. Expansión en autoclave (A. S. T. M. C 151-52).
 - 4.26. Resistencias mecánicas en mortero a flexotracción y compresión.
 - 4.27. Análisis químico.
 - 4.28. Composición potencial calculada.
 - 4.29. Calor de hidratación.
- 4.3. **Cementos siderúrgicos.**
 - 4.31. Agua de amasado.
 - 4.32. Principio y fin del fraguado.
 - 4.33. Peso específico real.
 - 4.34. Finura de molido. Superficie específica Blaine.
 - 4.35. Estabilidad de volumen por el método de observación de las galletas. Expansión en autoclave (A. S. T. M. C 151-52).
 - 4.36. Resistencias mecánicas en mortero a flexotracción y compresión.
 - 4.37. Análisis químico.
 - 4.38. Composición potencial calculada.
 - 4.39. Calor de hidratación.
- 4.4. **Cementos naturales.**
 - 4.41. Agua de amasado.
 - 4.42. Principio y fin del fraguado.
 - 4.43. Peso específico real.
 - 4.44. Finura de molido. Superficie específica Blaine.
 - 4.45. Estabilidad de volumen por el método de observación de las galletas. Expansión en autoclave (A. S. T. M. C 151-52).
 - 4.46. Resistencias mecánicas en mortero a flexotracción y compresión.
 - 4.47. Análisis químico.
 - 4.48. Composición potencial calculada.
 - 4.49. Calor de hidratación.
5. **Examen de los resultados.**
 - 5.1. **Cementos Portland.**
 - 5.11. Principio y fin del fraguado.
 - 5.12. Peso específico real.
 - 5.13. Finura de molido.
 - 5.14. Estabilidad de volumen por el método de observación de las galletas.
 - 5.15. Expansión en autoclave.
 - 5.16. Resistencias mecánicas en mortero a flexotracción y compresión.
 - 5.17. Análisis químico.
 - 5.18. Composición potencial calculada.
 - 5.2. **Cementos blancos.**
 - 5.3. **Cementos siderúrgicos.**
 - 5.31. Principio y fin del fraguado.
 - 5.32. Peso específico real.
 - 5.33. Finura de molido.
 - 5.34. Estabilidad de volumen por el método de observación de las galletas.
 - 5.35. Expansión en autoclave.
 - 5.36. Resistencias mecánicas a flexotracción y compresión.
 - 5.37. Análisis químico.
 - 5.4. **Cementos naturales.**
 - 5.41. Principio y fin del fraguado.
 - 5.42. Finura de molido.
 - 5.43. Estabilidad de volumen por el método de observación y de las galletas.
 - 5.44. Expansión en autoclave.
 - 5.45. Resistencias mecánicas a flexotracción y compresión.
6. Conclusiones.

1. Antecedentes

Como antes se ha indicado, en junio de 1958, y poco después de concluido el Cursillo sobre la Propuesta de nuevo Pliego, el I. T. C. C. ofreció a los fabricantes un ensayo completo, gratuito y confidencial, con arreglo a dicha Propuesta, de los distintos cementos de su fabricación normal.

Prácticamente, hasta fines del citado año duraron dichos ensayos, que se extendieron a 56 cementos procedentes de 28 fábricas.

Nos proponemos exponer brevemente los resultados de estos ensayos, manteniendo la más rigurosa reserva en cuanto a procedencia de las muestras enviadas. El objeto es doble y recíproco: que los asistentes puedan enjuiciar el nuevo Pliego respecto de los cementos españoles enviados por las fábricas, y a éstos con respecto a aquél.

Para ello se incluyen los cuadros A y B de prescripciones relativas a la composición química y a las características físicas y mecánicas, respectivamente, tal como figuran en el "B. O. del Estado" del 26-I-60. Estos cuadros difieren de los de la Propuesta del I. T. C. C. en los siguientes puntos: en el cuadro A, el valor máximo de 1,5 % para los insolubles de los cementos P-250 y del P-350 es de 3 % en la Propuesta; el de 3 % para el APS-150 es de 0,75 % en la Propuesta. En ésta no figura la llamada de cuatro asteriscos para el contenido máximo de silicato tricálcico de los cementos P-350, como tampoco la limitación de 12 % como máximo para el contenido de aluminato tricálcico de los cementos P-250. En el cuadro B la Propuesta señala 30 minutos para el principio de fraguado de los cementos NL-30.

2. Muestras ensayadas

Todas las muestras a que se refieren los datos que se exponen en lo que sigue se insiste en que fueron enviadas por las fábricas al Instituto, sin que en ningún caso este organismo efectuase la toma de las mismas.

Las muestras se distribuyeron de este modo:

Cementos Portland	40
Cementos blancos	2
Cementos siderúrgicos	6
Cementos naturales	8
Total	56

Debe entenderse que esta distribución está hecha de acuerdo con las denominaciones de que vinieron acompañadas las muestras, siendo suplidas aquéllas en las ocasiones en que faltaron.

En alguna ocasión las muestras tenían una designación particular, como "especial" o "supercemento", en el caso de los cementos Portland; "Portland siderúrgico" o "Portland de alto horno", en el caso de los que contenían escorias, y "rápido" o "lento", en el caso de los Naturales.

3. Ensayos realizados

De acuerdo con la Propuesta de nuevo Pliego, y siguiendo con todo rigor lo consignado en sus métodos, se llevaron a cabo todos los ensayos incluidos en el mismo, tanto los prescriptivos como los que son objeto de mera recomendación.

Los ensayos incluyeron la determinación de los siguientes valores y características:

- a) Tanto por ciento de agua de amasado para la pasta de consistencia normal.
- b) Principio y fin del fraguado (en agua).
- c) Peso específico real.
- d) Finura de molido: residuo en % sobre los tamices de 900 y 4.900 mallas/cm².
- e) Superficie específica (Método del permeabilímetro de Blaine).
- f) Estabilidad de volumen (Método de observación de las galletas).
- g) Expansión en autoclave (Método ASTM C 151-52).
- h) Resistencias mecánicas en mortero a flexo-tracción y compresión.
- i) Análisis químico y determinación de cal libre.
- j) Composición potencial calculada.
- k) Calor de hidratación.

La composición potencial se calculó, naturalmente, en aquellos casos en que el cálculo es aplicable.

4. Resultados

A continuación se exponen en cuadros y gráficos los ensayos mencionados en 3, según los tipos y clases de cementos señalados en 2.

El número de orden asignado a cada cemento es totalmente arbitrario y, por lo tanto, también lo es el orden mismo. No tiene, pues, más valor que el de poder hacer cómodamente referencia a un determinado cemento en caso dado.

CUADRO A
Prescripciones relativas a la composición química

DETERMINACIONES	PORTLAND				SIDERURGICOS						PUZOLANICOS			NATURALES			ZUMAYA	ALUMINOSOS
	DESIGNACION				DESIGNACION						DESIGNACION			RAPIDOS	LENTOS		DESIGNACION	DESIGNACION
	P-150	P-250	P-350	PAS-150	PS-150	PS-250	PAH-150	PAH-250	SC-150	SF-250	PUZ-150	PUZ-250	PUZ-350	NR-20	NL-30	NL-80	CZ	CA-350
Oxido aluminico (Al ₂ O ₃) mín. %																		32
Oxido cálcico (CaO) máx. %								55										
Oxido magnésico (MgO) máx. %	5	5	5	4	*	*	*	*	*	*	4	4	4				2,5	
Trióxido de azufre (SO ₂) máx. %	4	4	4	2,3	4	4	4	4	4	12							3,5	
Pérdida al fuego: máx. %	4	4	3	3	4	4	4	4	5								10	
Insolubles: máx. %	3	1,5	1,5	3	3	3	3	3	3									
Silicato tricálcico (C ₃ S) máx. %			****	50														
Aluminato tricálcico (C ₃ A) máx. %		12	** 15	5														
Índice puzolánico máx. 7 días ***											1.352							
											58,5+1	-5,1						

* Siempre que en estos cementos el contenido de óxido magnésico sea superior al 5 %, la expansión en autoclave no deberá ser superior al 1 %.
 ** Podrán alcanzar hasta el 18 %, siempre que la expansión en autoclave no sea superior al 1 %.
 *** Si a los siete días no cumpliera con este límite deberá realizarse un contraensayo, tal como se indica en 3.643, debiendo satisfacer entonces esta limitación.
 **** En cemento para presas no debe rebasar el 35 %.

CUADRO B
Prescripciones relativas a las características físicas y mecánicas

ENSAYOS	PORTLAND				SIDERURGICOS						PUZOLANICOS			NATURALES			ZUMAYA	ALUMINOSOS
	DESIGNACION				DESIGNACION						DESIGNACION			RAPIDOS	LENTOS		DESIGNACION	DESIGNACION
	P-150	P-250	P-350	PAS-150	PS-150	PS-250	PAH-150	PAH-250	SC-150	SF-250	PUZ-150	PUZ-250	PUZ-350	NR-20	NL-30	NL-80	CZ	CA-350
Residuos máximos % sobre tamices de:																		
900 mallas/cm ²														17	17	17	17	
4.800 mallas/cm ²	16	14	6	14	16	14	16	14	16	6	16	14	6	35	35	35	35	6
Peso específico real mínimo	3,0	3,0	3,0	3,0	2,90	2,90	2,85	2,90	2,85	—	—	—	—	—	—	—	—	3,05
Fraguado: Principio después de	45 min.	45 min	30 min	45 min	45 min	45 min	45 min	45 min	45 min	45 min	45 min	45 min	30 min	*	35 min	30 min	* entre	30 min
Final antes de	12 hr.	12 hr.	10 hr.	12 hr.	12 hr.	12 hr.	12 hr.	12 hr.	12 hr.	12 hr.	12 hr.	12 hr.	30 min	30 min	10 hr.	5-25 min	7 hr.	
Expansión	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Mínima a flexotracción a las edades de:																		
1 día	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	41
3 días	—	—	33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7 días	27	37	43	27	27	37	27	37	27	37	27	37	43	—	—	15	—	—
28 días	43	56	64	43	43	56	43	56	43	56	43	56	64	—	—	23	—	53
Resistencia en kg/cm ² :																		
Mínima a compresión a las edades de:																		
1 día	—	—	179	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	350
3 días	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7 días	94	167	250	94	94	167	94	167	94	167	94	167	250	13	19	50	***	—
28 días	150	250	350	150	150	250	150	250	150	250	150	250	350	20	30	80	***	450

* A fijar de acuerdo con el usuario.
 ** La galleta hervida no presentará alteraciones de expansión.
 *** El cemento Zumaya cuyo fraguado comience después de los dos minutos deberá cumplir los límites de resistencia mecánica que se señalan para el cemento natural rápido. En caso contrario, el cemento Zumaya no deberá ensayarse con el método dado en este Pliego para el ensayo de resistencias mecánicas, y no podrá exigirsele, por tanto, que cumpla los límites de resistencia citados.

4.1. Cementos Portland.

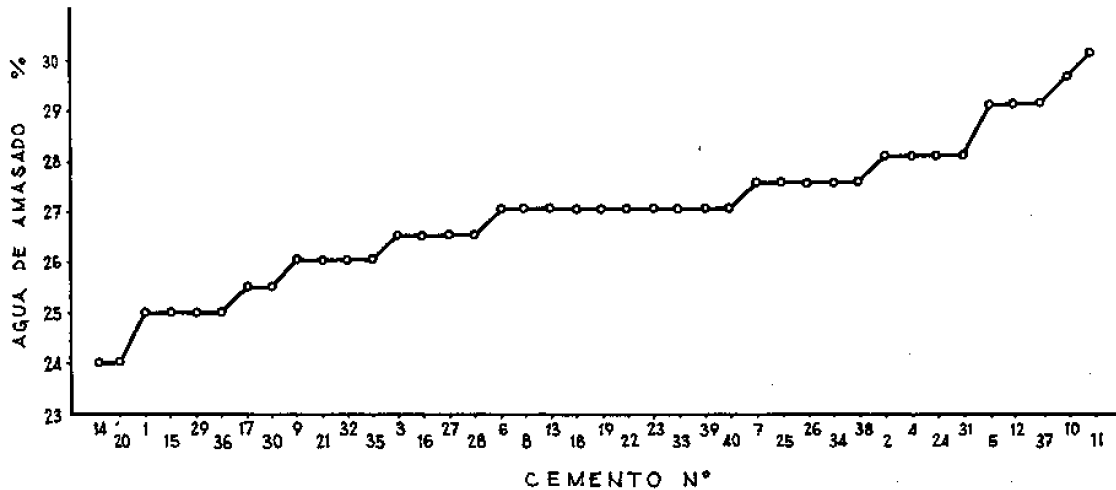
Como queda indicado, fueron 40 los ensayados. De ellos, seis vinieron calificados de "supercementos" y uno de "especial". De los cementos blancos, uno fué designado "para pavimentación".

4.1.1. Agua de amasado.

Los tantos por cientos de agua de amasado quedan detallados en el cuadro 1 y figura 1. En ésta se han representado los cementos por orden creciente de sus tantos por ciento de agua de amasado.

CUADRO 1

Cemento N.º	Agua de amasado %	Cemento N.º	Agua de amasado %	Cemento N.º	Agua de amasado %	Cemento N.º	Agua de amasado %
1	25,0	11	30,5	21	26,0	31	28,0
2	28,0	12	29,0	22	27,0	32	26,0
3	26,5	13	27,0	23	27,0	33	27,0
4	28,0	14	24,0	24	28,0	34	27,5
5	29,0	15	25,0	25	27,5	35	26,0
6	27,0	16	26,5	26	27,5	36	25,0
7	27,5	17	25,5	27	26,5	37	29,0
8	27,0	18	27,0	28	26,5	38	27,5
9	26,0	19	27,0	29	25,0	39	27,0
10	30,0	20	24,0	30	25,5	40	27,0



4.1.2. Principio y fin del fraguado.

Los resultados quedan expuestos en el cuadro 2 y figura 2, en la que se han representado los cementos por orden creciente de sus respectivos principios, finales e intervalos de fraguado, respectivamente.

CUADRO 2

Cemento N.º	FRAGUADO						Cemento N.º	FRAGUADO					
	Principio		Fin		Intervalo			Principio		Fin		Intervalo	
	Horas	Minutos	Horas	Minutos	Horas	Minutos		Horas	Minutos	Horas	Minutos	Horas	Minutos
1	2	45	5	30	2	45	21	2	00	3	45	1	45
2	2	30	7	45	5	15	22	3	30	5	00	1	30
3	2	30	7	00	4	30	23	2	30	4	00	1	30
4	2	45	5	15	2	30	24	3	00	4	45	1	45
5	2	15	5	00	2	45	25	3	00	4	30	1	30
6	3	15	5	15	2	00	26	2	15	3	45	1	30
7	2	00	4	15	2	15	27	4	00	6	00	2	00
8	4	00	6	30	2	30	28	4	45	7	30	2	45
9	3	45	8	00	4	15	29	4	45	7	00	2	15
10	1	45	3	45	2	00	30	2	45	4	30	1	45
11	3	30	7	30	4	00	31	2	15	4	15	2	00
12	3	45	6	30	2	45	32	2	45	4	30	1	45
13	2	15	4	00	1	45	33	2	30	4	30	2	00
14	3	00	4	30	1	30	34	3	00	6	00	3	00
15	1	15	2	15	1	00	35	2	30	4	00	1	30
16	2	30	4	15	1	45	36	3	30	5	45	2	15
17	2	00	3	45	1	45	37	3	30	5	45	2	15
18	3	00	4	30	1	30	38	3	15	5	00	1	45
19	2	45	4	30	1	45	39	4	30	7	45	3	15
20	3	15	5	45	2	30	40	3	15	7	30	4	15

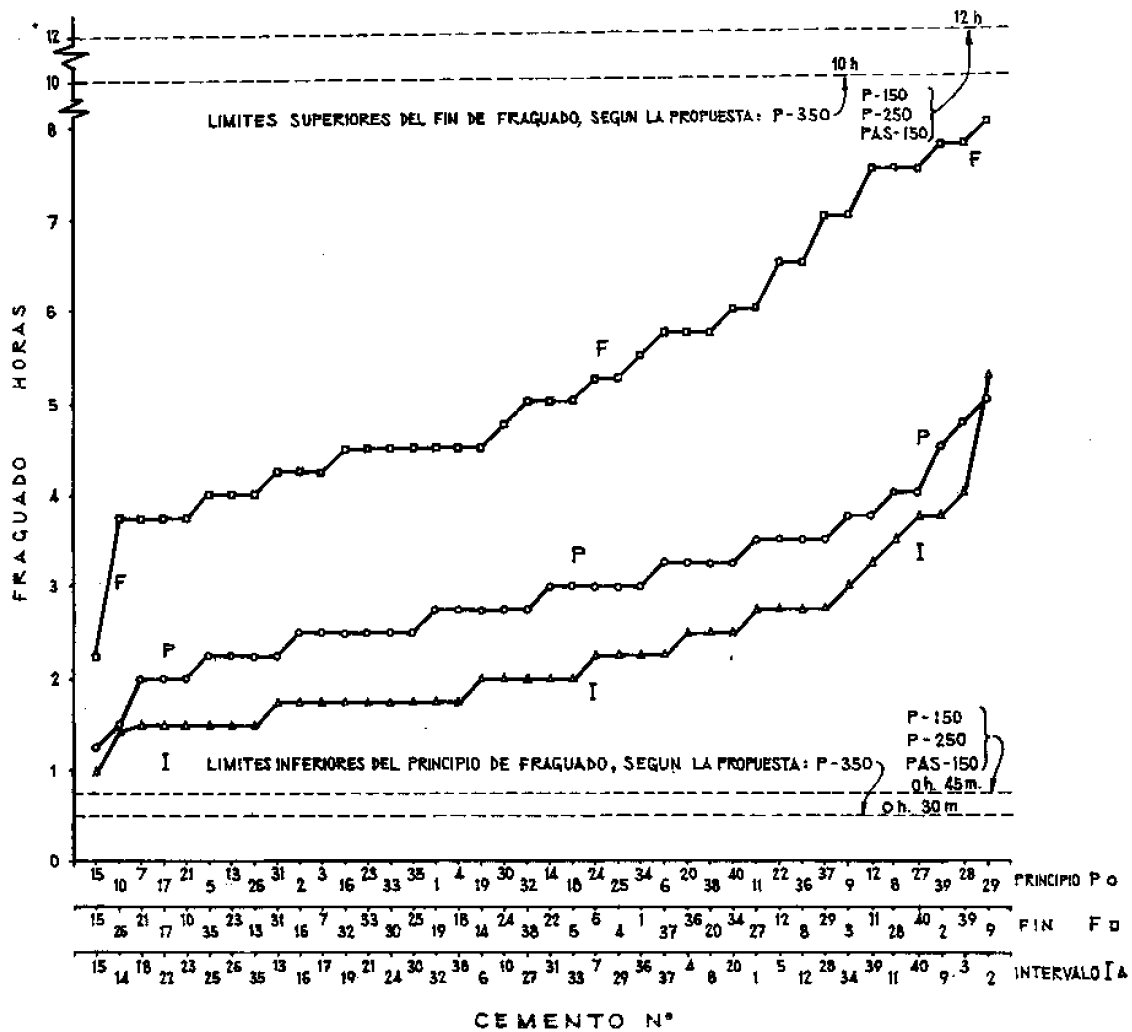


Fig. 2

4.13. Peso específico real.

Los resultados se indican en el cuadro 3 y figura 3, en la que se han representado los cementos por orden creciente de sus pesos específicos.

CUADRO 3

Cemento N.º	Peso específico real	Cemento N.º	Peso específico real	Cemento N.º	Peso específico real	Cemento N.º	Peso específico real
	3,20	11	3,05	21	3,23	31	3,10
2	3,03	12	3,13	22	3,18	32	3,11
3	3,12	13	3,09	23	3,18	33	3,15
4	3,12	14	3,26	24	3,16	34	3,11
5	3,10	15	3,17	25	3,15	35	3,10
6	3,12	16	3,22	26	3,17	36	3,20
7	3,12	17	3,17	27	3,15	37	3,12
8	3,16	18	3,16	28	3,11	38	3,16
9	3,12	19	3,17	29	3,10	39	3,03
10	2,96	20	3,20	30	3,16	40	3,20

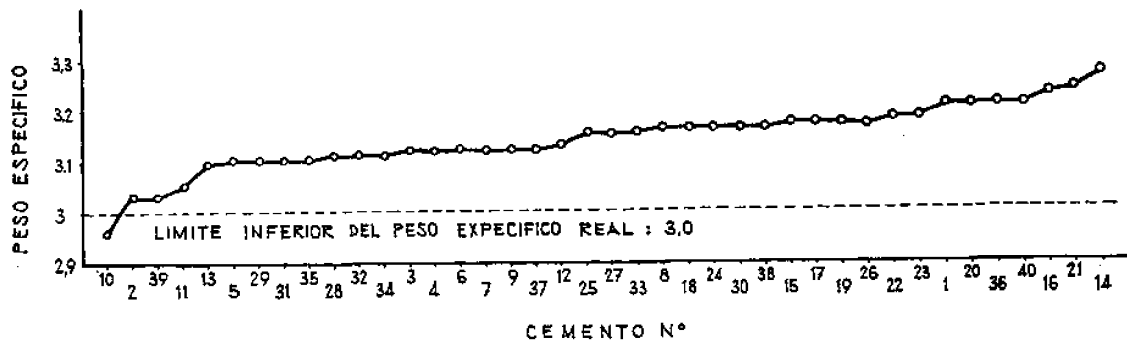


Fig. 3

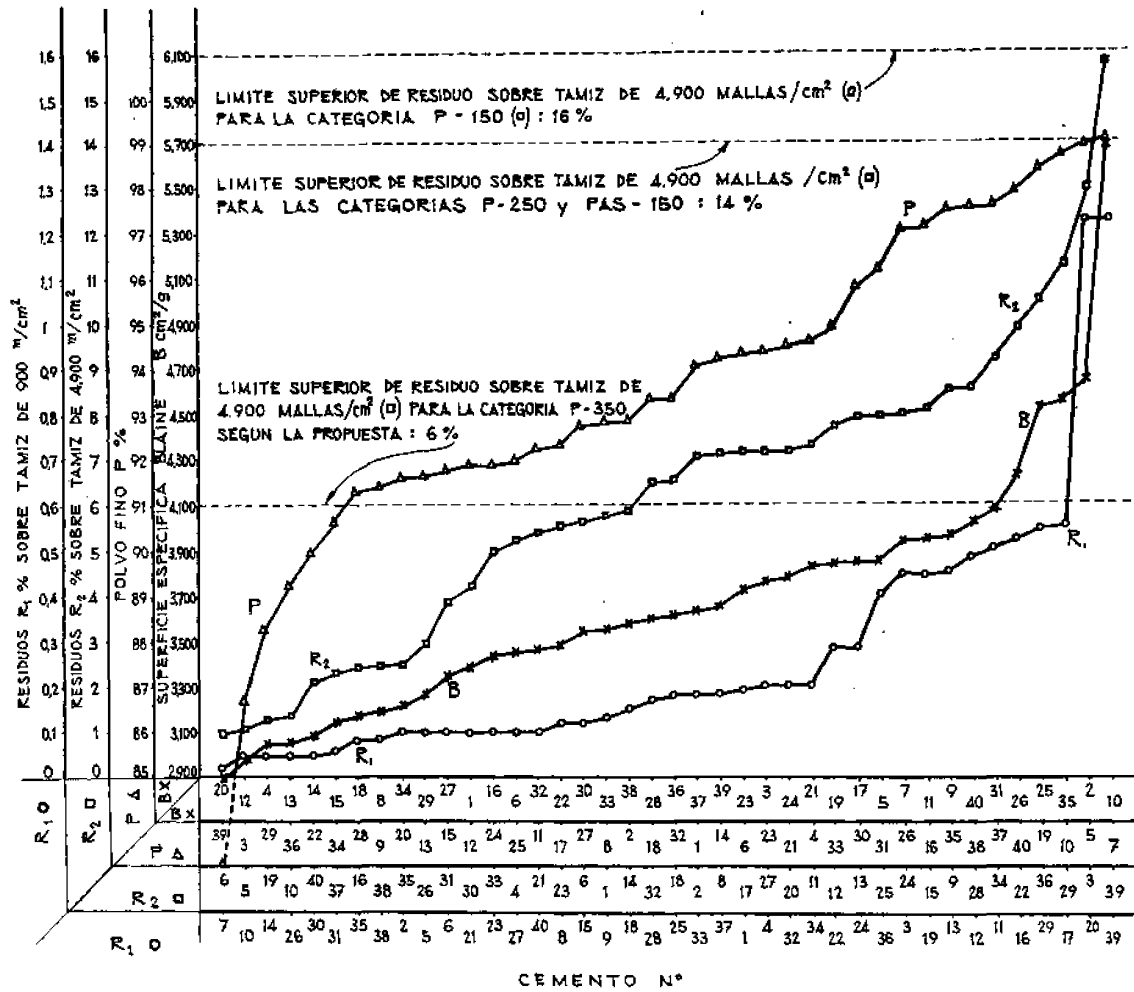


Fig. 4

4.14. *Finura de molido, Superficie específica Blaine.*

Los resultados de finura obtenidos con tamices, así como los de superficie específica Blaine, son los expuestos en el cuadro 4 y figura 4, en la que se representan los cementos por orden creciente de sus residuos en cada uno de los citados tamices, del polvo, y de la superficie específica Blaine, respectivamente.

C U A D R O 4

Ce- mento N.º	Residuos % sobre tamices de			Superficie específica Blaine cm²/g	Ce- mento N.º	Residuos % sobre tamices de			Superficie específica Blaine cm²/g
	900 mallas/ cm²	4.900 mallas/ cm²	Polvo			900 mallas/ cm²	4.900 mallas/ cm²	Polvo	
1	0,19	5,77	94,04	3.391	21	0,10	5,42	94,48	3.819
2	0,10	7,10	92,80	4.620	22	0,28	9,78	89,94	3.489
3	0,44	12,84	86,72	3.758	23	0,10	5,52	94,38	3.721
4	0,20	5,21	94,59	3.047	24	0,28	7,90	91,82	3.776
5	0,10	1,07	98,83	3.853	25	0,18	7,88	91,94	4.507
6	0,10	5,60	94,30	3.447	26	0,05	2,97	96,98	4.211
7	0,02	0,99	98,99	3.931	27	0,10	7,15	92,75	3.340
8	0,12	7,10	92,78	3.197	28	0,17	8,48	91,35	3.596
9	0,13	8,45	91,42	3.963	29	0,54	11,20	88,26	3.274
10	0,05	1,35	98,60	5.672	30	0,05	4,20	95,75	3.545
11	0,50	7,30	92,20	3.941	31	0,06	3,82	96,12	4.078
12	0,48	7,70	91,82	2.992	32	0,20	6,45	93,35	3.463
13	0,45	7,87	91,68	3.052	33	0,18	4,95	94,87	3.545
14	0,05	5,80	94,15	3.082	34	0,20	9,18	90,62	3.214
15	0,12	8,10	91,78	3.144	35	0,08	2,50	97,42	4.546
16	0,52	2,45	97,03	3.437	36	0,40	10,40	89,20	3.607
17	0,55	7,15	92,30	3.841	37	0,18	2,35	97,47	3.615
18	0,15	6,51	93,34	3.183	38	0,08	2,48	97,44	3.589
19	0,44	1,25	98,31	3.831	39	1,22	15,81	82,97	3.641
20	1,22	7,17	91,61	2.891	40	0,10	2,11	97,79	4.011

4.15. *Estabilidad de volumen por el método de observación de las galletas. Expansión en autoclave (A. S. T. M. C 151-52).*

Todas las galletas, tanto las cocidas y observadas a las veinticuatro horas, como las conservadas en cámara húmeda y bajo agua durante siete y veintiocho días, resultaron "sin novedad".

Los resultados de expansión en autoclave quedan expuestos en el cuadro 5 y representados, por orden creciente de valores, en la figura 5.

C U A D R O 5

Cemento número	Consistencia A. S. T. M. %	Expansión media %	Cemento número	Consistencia A. S. T. M. %	Expansión media %
1	23,0	0,05	21	24,5	0,26
2	26,0	D*	22	24,5	0,20
3	23,5	0,91	23	24,0	0,08
4	25,0	0,37	24	25,5	0,44
5	26,5	0,26	25	24,5	0,19
6	24,5	0,36	26	25,0	0,18
7	24,5	0,44	27	23,5	0,87
8	24,5	0,04	28	24,5	0,21
9	25,0	0,24	29	23,5	0,24
10	28,0	0,15	30	23,0	0,29
11	26,5	0,24	31	25,0	0,54
12	25,5	0,45	32	23,0	0,32
13	24,0	0,44	33	24,0	0,46
14	22,5	0,31	34	24,0	0,92
15	22,0	D*	35	23,5	0,42
16	23,5	0,21	36	23,5	0,33
17	22,5	0,36	37	25,5	0,39
18	24,0	0,45	38	24,5	0,14
19	25,5	0,23	39	24,0	D*
20	22,0	0,35	40	24,5	0,43

* D: Probetas desintegradas.

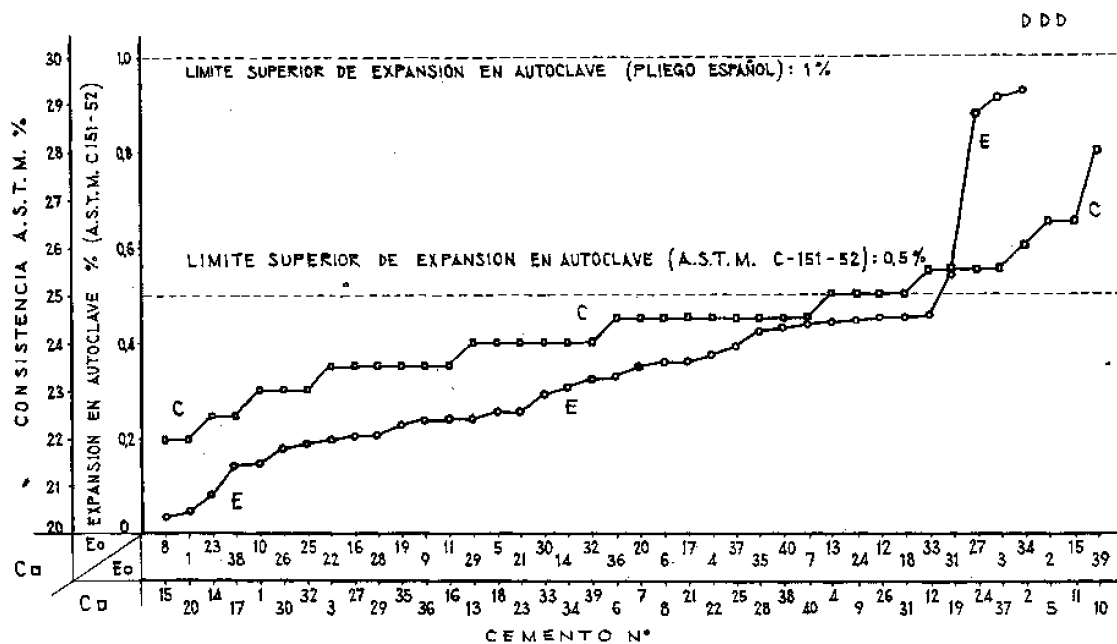


Fig. 5

Se indican en ella los límites superiores de expansión en autoclave según A. S. T. M. C 151-52 (0,5 %) y según el nuevo Pliego español (1 %).

4.16. Resistencias mecánicas en mortero a flexotracción y compresión.

Los resultados quedan de manifiesto en el cuadro 6 y gráficos de las figuras 6 y 7, en las que se representan por orden creciente de valores.

CUADRO 6

Cemento N.º	RESISTENCIAS MECANICAS (kg/cm²)					
	FLEXOTRACCION			COMPRESION		
	3 días	7 días	28 días	3 días	7 días	28 días
1	37,1	51,4	76,6	167	262	418
2	29,6	40,5	52,8	129	191	247
3	41,5	53,7	66,8	191	263	341
4	51,1	62,0	72,1	208	295	405
5	58,3	71,8	77,5	290	364	433
6	41,4	52,1	64,1	180	214	322
7	61,6	65,8	66,5	301	372	462
8	30,3	41,6	61,9	142	203	327
9	36,9	46,2	62,3	164	214	302
10	52,9	61,5	69,9	270	333	426
11	38,9	49,2	66,0	175	240	329
12	43,6	51,7	61,3	173	236	269
13	39,6	49,4	60,9	167	248	307
14	31,5	40,6	62,5	133	184	335
15	32,2	40,8	52,2	139	182	242
16	33,7	44,8	66,2	165	241	434
17	38,7	44,0	64,9	182	255	356
18	36,7	46,1	60,8	115	218	322
19	51,4	62,6	77,5	287	364	476
20	29,6	37,5	54,9	135	183	280
21	40,3	50,9	64,3	209	258	402
22	36,1	46,1	61,1	206	213	340
23	49,8	60,6	74,2	259	323	421
24	40,0	46,3	61,7	190	234	320
25	38,8	49,1	62,4	192	249	337
26	54,5	64,2	77,5	281	300	432
27	26,3	37,8	50,5	129	159	262
28	30,0	41,6	56,2	151	196	292
29	34,5	46,3	59,4	172	234	321
30	39,5	49,0	65,2	194	267	373
31	42,4	48,3	66,0	203	252	329
32	38,8	45,6	65,8	179	249	351
33	41,0	47,1	62,8	180	242	346
34	42,7	53,1	67,2	190	246	356
35	44,3	50,2	66,7	190	246	356
36	31,9	41,6	58,2	154	182	310
37	51,8	62,6	76,9	255	341	405
38	54,5	62,8	78,5	278	348	448
39	20,1	29,8	40,8	100	141	191
40	38,5	46,5	62,5	172	235	308

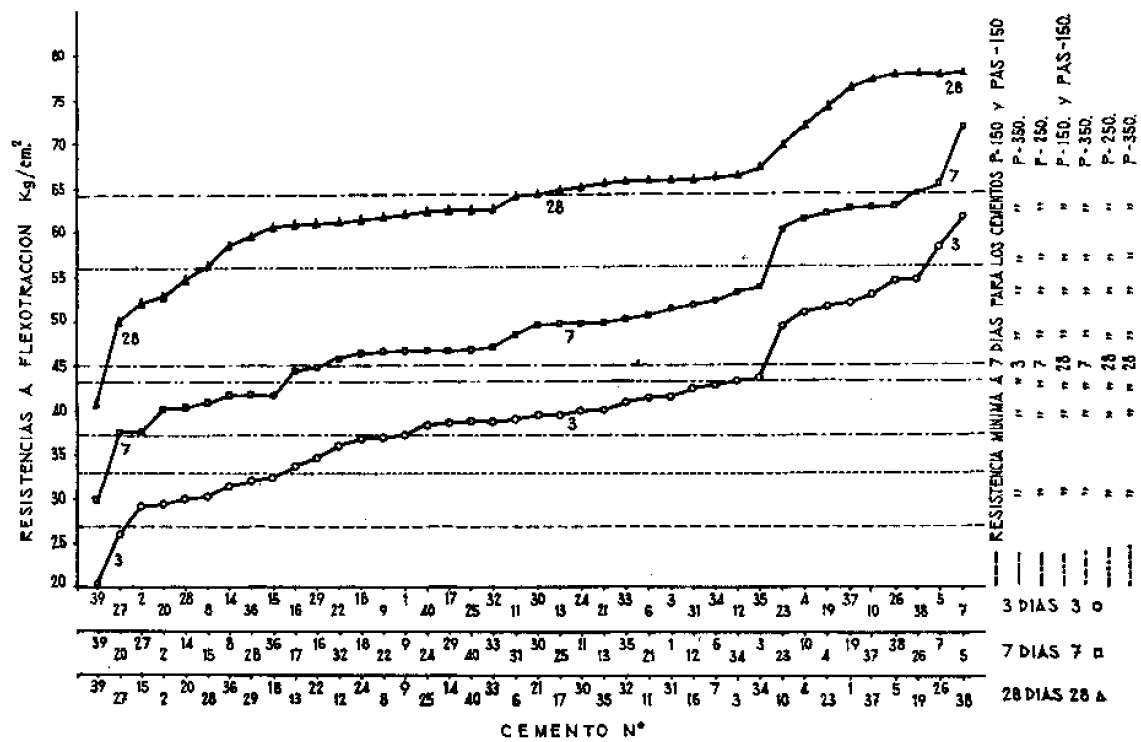


Fig. 6

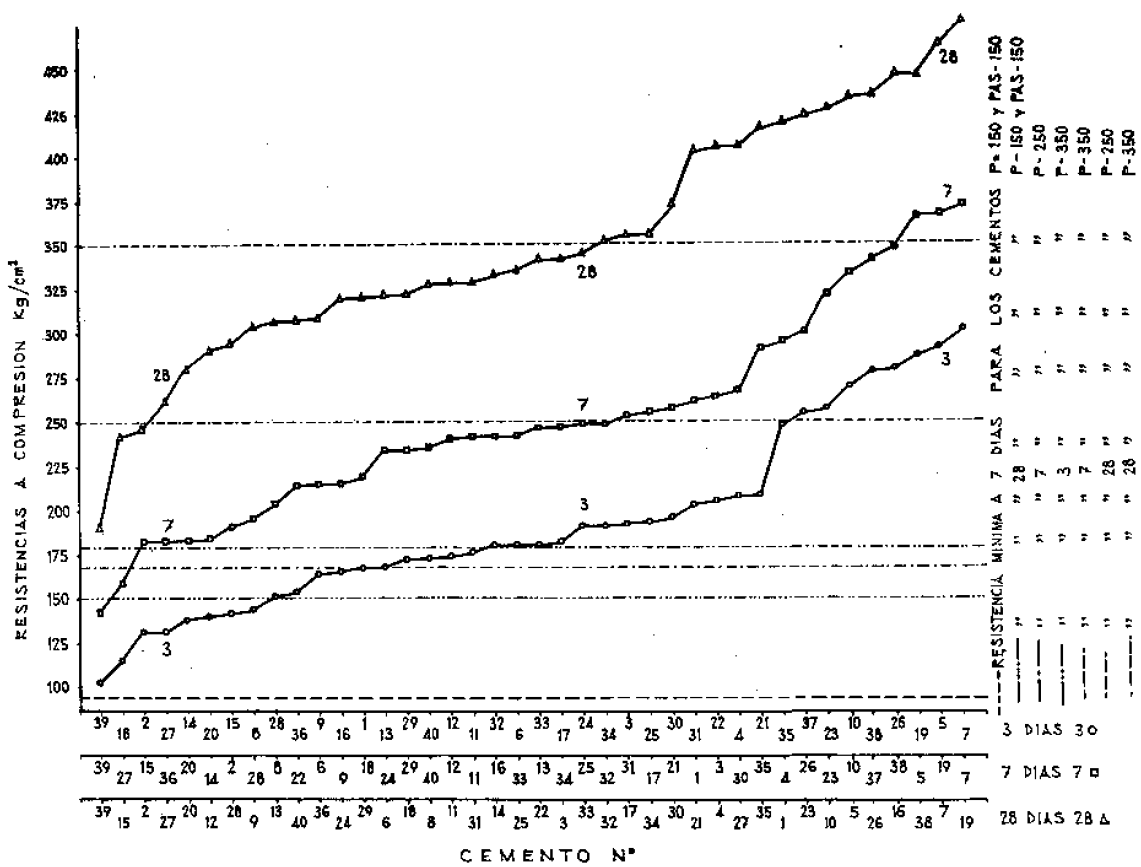


Fig. 7

4.17. *Análisis químico.*

Los resultados quedan expuestos en el cuadro 7 y representados en el gráfico de la figura 8, por orden creciente de valores.

C U A D R O 7

CEMENTO N.º	COMPOSICION %, EN PESO										Cal libre	Humedad
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	PF	RI	Alc. y S. D.	Total		
1	22,3	6,4	1,8	61,8	2,4	2,1	1,8	0,67	0,73	100,00	0,25	0,39
2	17,3	5,9	2,5	57,1	4,4	2,6	7,0	2,4	0,8	100,00	1,8	1,8
3	18,8	6,0	2,6	61,6	1,2	2,1	4,4	1,8	1,5	100,00	0,41	0,49
4	19,8	7,4	2,3	61,8	2,1	1,9	1,2	1,7	1,8	100,00	0,69	0,34
5	19,6	6,8	2,1	63,1	2,1	2,0	1,1	2,0	1,2	100,00	0,53	0,44
6	19,7	7,0	3,0	60,4	1,6	2,0	1,9	2,1	2,3	100,00	0,34	0,26
7	19,0	7,0	3,0	63,1	1,6	1,9	1,6	0,82	1,98	100,00	0,34	0,30
8	21,3	4,0	4,6	61,7	1,0	2,4	3,0	0,72	1,28	100,00	0,75	0,45
9	21,0	5,9	3,0	60,2	1,9	2,5	3,6	0,38	1,52	100,00	0,65	0,81
10	21,4	5,7	1,8	56,9	0,94	2,1	2,8	7,8	0,56	100,00	0,00	1,3
11	19,7	5,4	1,8	56,3	1,1	1,9	3,1	10,2	0,5	100,00	0,49	0,93
12	20,7	5,9	1,9	59,7	1,2	1,9	1,7	5,6	1,4	100,00	0,50	0,54
13	19,8	5,6	2,0	59,1	1,1	2,2	1,7	7,0	1,5	100,00	0,60	0,80
14	22,7	6,5	2,8	62,2	1,3	1,9	1,2	0,32	1,08	100,00	0,06	0,37
15	20,6	6,5	3,1	62,1	3,7	1,7	1,6	0,36	0,34	100,00	0,28	0,92
16	22,5	6,0	2,9	63,4	0,85	1,0	1,7	1,4	0,25	100,00	0,12	0,27
17	20,8	6,1	3,0	62,6	1,2	2,1	3,0	0,62	0,58	100,00	1,19	0,36
18	20,5	6,1	3,0	63,5	1,3	1,8	2,7	0,56	0,54	100,00	1,53	0,55
19	20,8	5,7	2,5	62,8	2,4	2,5	1,8	0,10	1,40	100,00	0,44	0,41
20	22,4	6,2	2,6	62,5	2,5	1,7	1,8	0,18	0,12	100,00	0,28	0,30
21	21,7	4,7	2,5	65,2	1,1	1,4	1,8	1,4	0,2	100,00	0,15	0,20
22	21,4	4,0	2,6	63,8	1,6	1,8	2,0	2,4	0,4	100,00	1,59	0,30
23	23,3	5,4	2,4	62,6	1,5	2,5	1,7	0,41	0,19	100,00	0,08	0,38
24	20,5	6,1	2,6	62,6	1,5	2,7	3,0	0,74	0,26	100,00	0,97	0,55
25	18,8	5,5	2,2	61,4	1,3	2,7	6,6	1,2	0,3	100,00	0,75	0,57
26	21,7	6,1	2,0	63,0	2,3	2,8	1,8	0,26	0,04	100,00	0,21	0,53
27	21,1	6,4	3,9	60,4	2,4	1,4	2,5	1,2	0,7	100,00	0,72	0,56
28	19,9	5,4	2,7	59,2	1,9	1,6	5,3	3,2	0,8	100,00	1,6	0,44
29	20,4	6,0	2,9	62,7	2,4	1,9	2,5	0,66	0,54	100,00	0,85	0,50
30	21,4	5,8	3,4	62,7	2,5	1,5	0,66	1,8	0,24	100,00	0,78	0,22
31	21,0	6,5	2,8	62,4	1,4	2,2	2,6	0,62	0,48	100,00	0,62	0,60
32	21,1	6,9	3,0	61,4	1,7	2,2	2,3	0,72	0,68	100,00	0,15	0,36
33	21,5	6,6	2,8	62,8	1,5	2,2	1,6	0,60	0,40	100,00	0,22	0,39
34	21,4	5,7	2,5	61,9	1,7	2,5	1,9	0,50	1,90	100,00	0,22	0,72
35	20,0	5,7	2,7	64,2	1,9	1,8	1,8	0,60	1,30	100,00	0,35	0,25
36	19,2	6,9	5,5	57,8	4,1	2,3	2,3	0,70	1,20	100,00	0,12	0,52
37	19,4	6,3	2,7	62,4	3,2	1,9	4,0	0,80	0,30	100,00	0,03	0,48
38	20,1	6,7	2,8	63,0	2,4	3,1	1,1	0,30	0,50	100,00	0,09	0,67
39	18,9	7,0	2,6	62,6	1,1	1,3	5,2	1,1	0,2	100,00	3,9	0,39
40	21,9	6,5	2,5	62,4	1,8	2,2	1,7	0,5	0,5	100,00	0,47	0,60

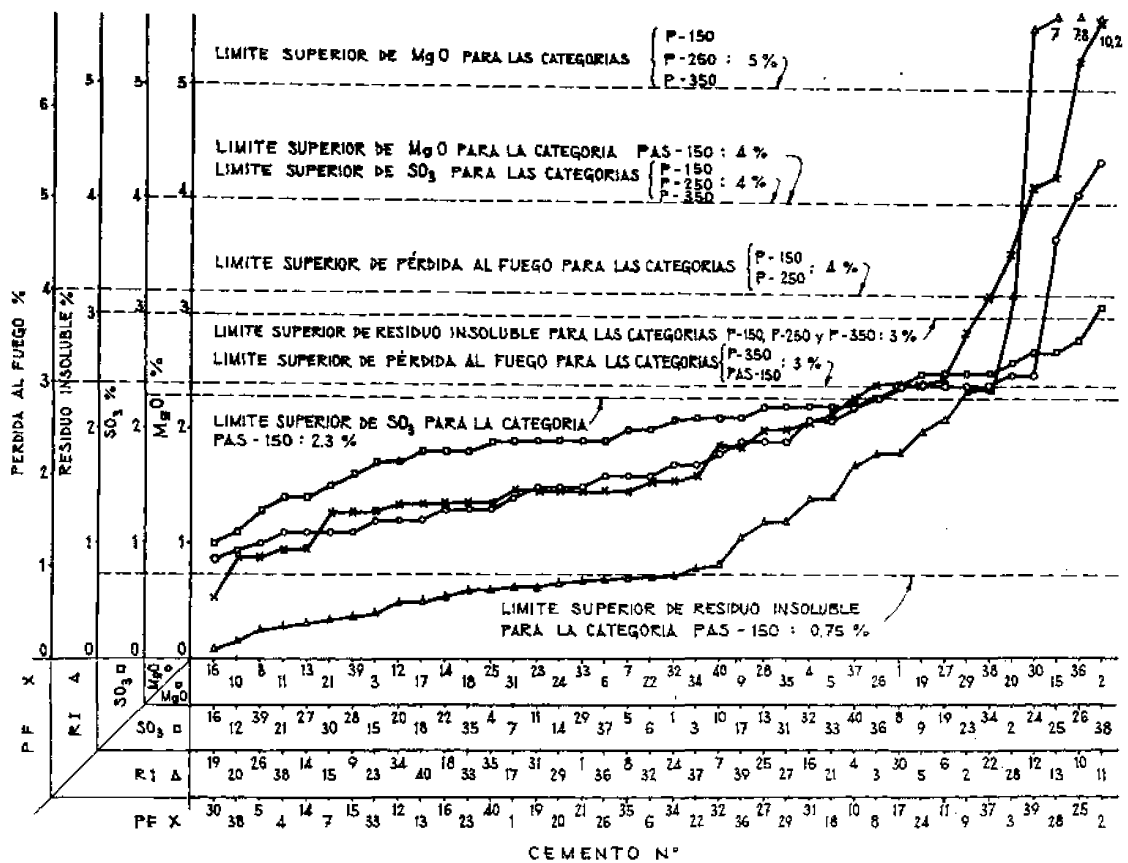
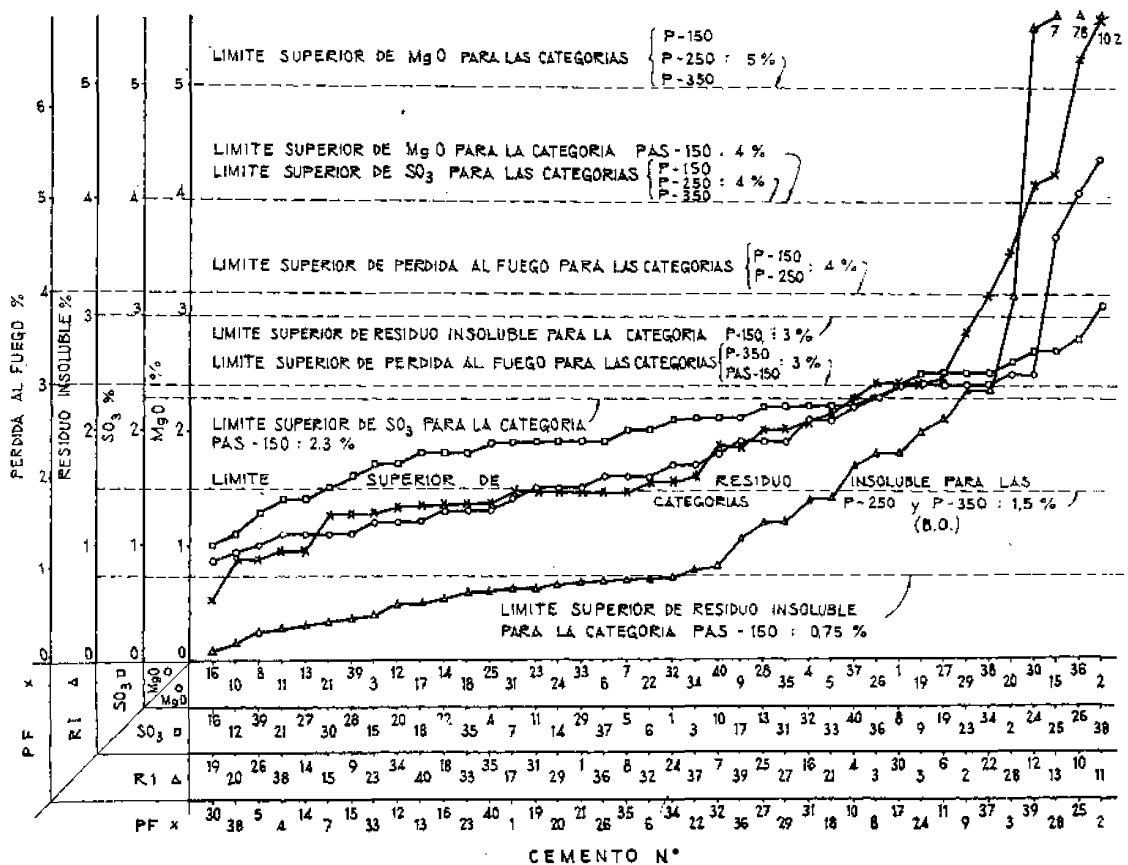


Fig. 8



En la figura 8 bis se destacan los límites de residuo insoluble, tal como han sido establecidos en el Pliego publicado en el "Boletín Oficial" del 26-I-60, los cuales difieren de los de la Propuesta presentada por el I. T. C. C. señalados en la figura 8.

4.18. *Composición potencial calculada.*

Los resultados se exponen en el cuadro 8 y están representados en la figura 9, por orden creciente de valores.

C U A D R O 8

CEMENTO N.º	COMPOSICION POTENCIAL CALCULADA %				CEMENTO N.º	COMPOSICION POTENCIAL CALCULADA %			
	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF		C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
1	29,5	41,8	13,9	5,5	21	60,7	16,5	8,2	7,6
2	43,0	17,2	11,4	7,6	22	58,9	17,0	6,2	7,9
3	56,1	11,7	11,5	7,9	23	30,5	43,9	10,2	7,3
4	39,8	26,8	15,7	7,0	24	42,6	26,7	11,8	7,9
5	51,3	17,6	14,5	6,4	25	56,2	11,6	10,9	6,7
6	37,7	28,1	13,5	9,1	26	38,8	33,0	12,8	6,1
7	54,3	13,6	13,5	9,1	27	30,0	37,9	10,4	11,8
8	31,7	36,4	10,6	9,1	28	38,5	28,1	10,0	8,2
9	45,9	26,5	2,8	14,0	29	46,8	23,3	11,0	8,8
10	22,1	44,7	12,1	5,5	30	41,3	30,3	9,6	10,3
11	33,1	31,6	11,3	5,5	31	37,9	31,7	12,5	8,5
12	35,8	32,4	12,4	5,8	32	32,0	36,4	13,2	9,1
13	40,8	26,1	11,5	6,1	33	36,7	34,0	12,8	8,5
14	27,3	44,6	12,5	8,5	34	39,4	31,7	10,9	7,6
15	42,1	27,4	12,0	9,4	35	60,6	11,7	10,5	8,2
16	39,2	35,0	11,0	8,8	36	29,0	33,2	9,0	16,7
17	40,6	29,1	11,1	8,1	37	54,8	14,4	12,1	8,2
18	50,1	21,1	11,1	9,1	38	45,4	23,5	13,0	8,5
19	46,7	21,2	10,9	7,6	39	40,8	23,5	14,2	7,9
20	32,8	39,5	12,0	7,9	40	32,1	38,7	13,0	7,6

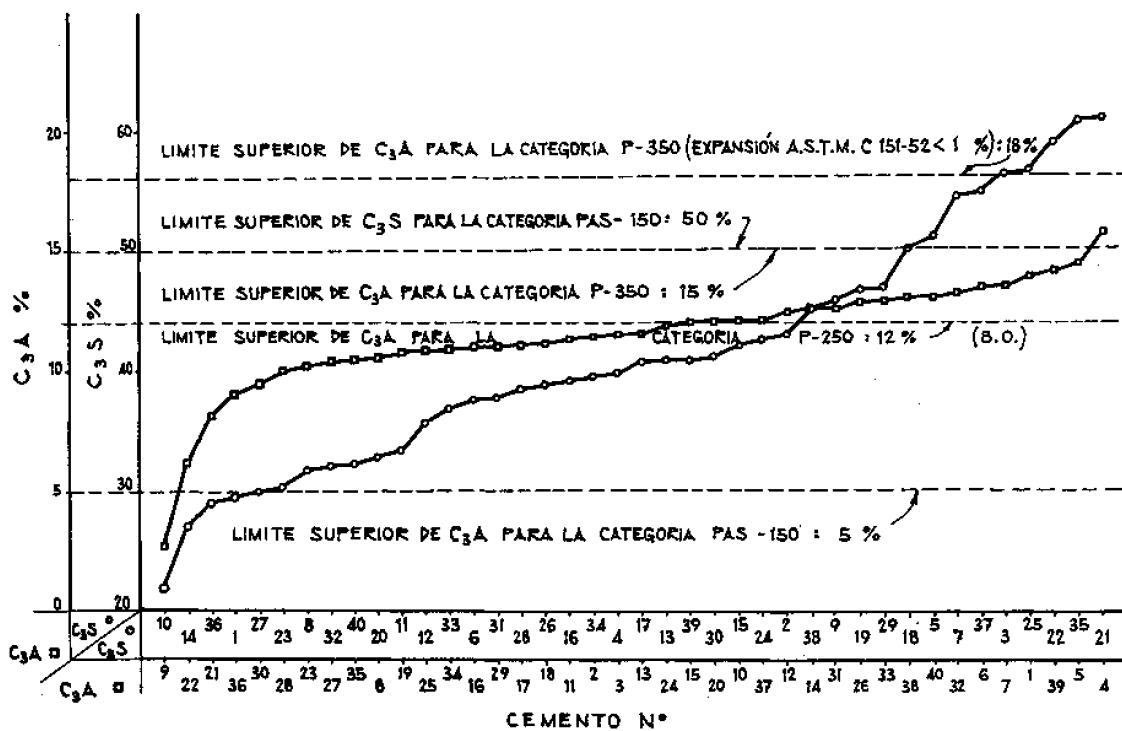


Fig. 9

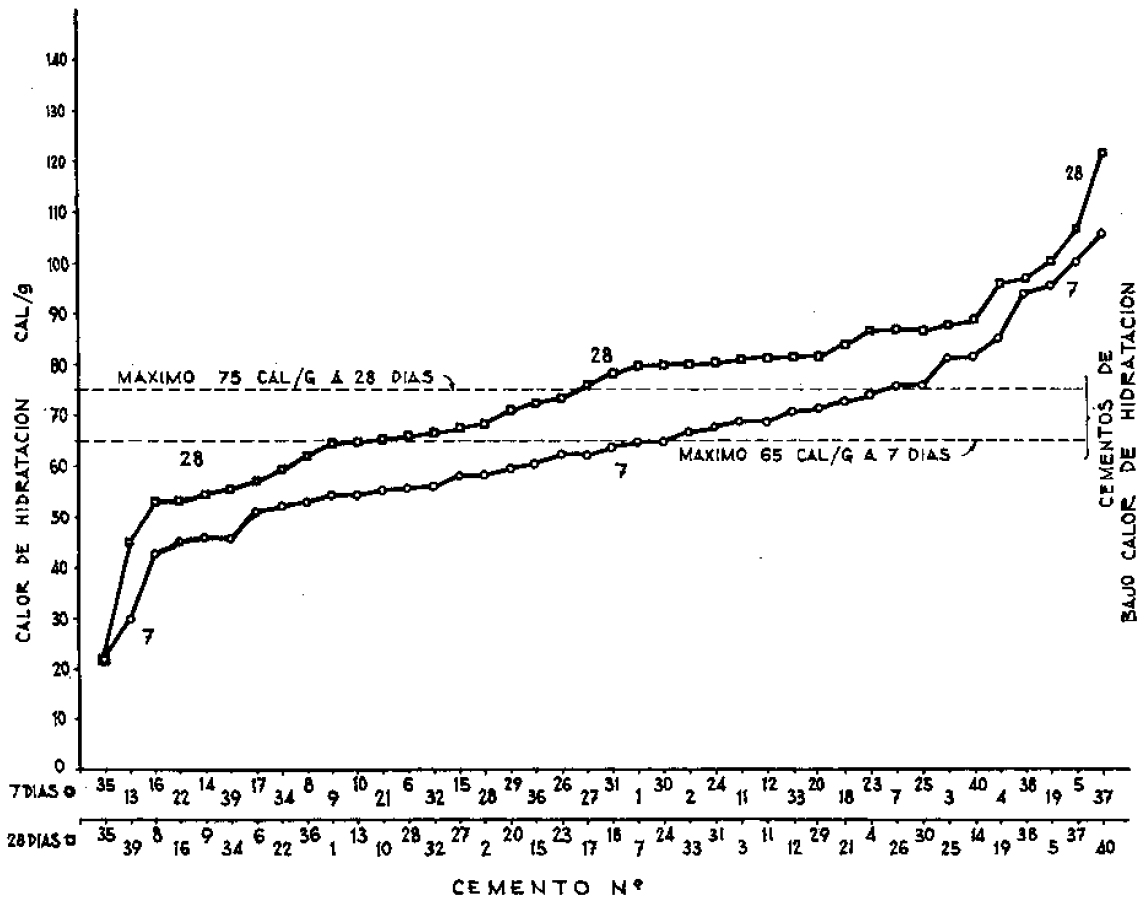
En la figura 9 se señala también el límite superior de 12 % de aluminato tricálcico para la categoría P-250, establecido en el Pliego del "Boletín Oficial" de 26-I-60, a diferencia de la Propuesta del I. T. C. C., que no fijaba ninguna limitación.

4.19. *Calor de hidratación.*

Los valores hallados quedan de manifiesto en el cuadro 9 y representados, por orden creciente de valores, en la figura 10.

C U A D R O 9

CALOR DE HIDRATACION (cal/g)			CALOR DE HIDRATACION (cal/g)			CALOR DE HIDRATACION (cal/g)		
Cemento N.º	A 7 días	A 28 días	Cemento N.º	A 7 días	A 28 días	Cemento N.º	A 7 días	A 28 días
1	64	64	15	58	72	29	59	81
2	66	68	16	43	53	30	64	86
3	81	81	17	51	76	31	63	80
4	84	86	18	72	78	32	56	66
5	99	99	19	94	95	33	70	79
6	56	57	20	71	71	34	52	56
7	75	79	21	55	83	35	22	22
8	53	53	22	45	59	36	60	62
9	54	54	23	73	73	37	104	106
10	54	65	24	67	79	38	93	96
11	68	81	25	75	87	39	46	46
12	68	81	26	62	86	40	81	120
13	30	64	27	62	67			
14	46	88	28	58	66			



Se indican también en la figura 10 los límites máximos, a 7 y 28 días, para los calores de hidratación de los cementos considerados según las prescripciones especiales del Pliego como de bajo calor de hidratación.

4.2. Cementos blancos.

Fueron dos los ensayados. Uno de ellos se designaba como "para pavimentación".

4.21. Agua de amasado.

Los tantos por ciento de agua de amasado se indican en el cuadro 10.

CUADRO 10

Cemento N.º	Agua de amasado %
41	24,5
42	25,0

CUADRO 11

FRAGUADO

Cemento N.º	Agua de amasado %	Cemento N.º	Principio		Fin		Intervalo		Cemento N.º	Peso específico real
			Horas	Minutos	Horas	Minutos	Horas	Minutos		
			41	24,5	41	2	15	4		
42	25,0	42	2	15	4	30	2	15	42	3,18

CUADRO 12

4.22. Principio y fin del fraguado.

Los resultados quedan expuestos en el cuadro 11.

4.23. Peso específico real.

Los resultados se indican en el cuadro 12.

4.24. Finura de molido. Superficie específica Blaine.

Los resultados de ambos ensayos son los consignados en el cuadro 13.

CUADRO 13

Cemento N.º	RESIDUOS SOBRE TAMICES %			Superficie específica Blaine (cm ² /g)
	900 mallas/cm ²		Polvo	
	900 mallas/cm ²	4.900 mallas/cm ²		
41	0,05	1,20	98,75	2.947
42	0,02	2,10	97,88	4.297

CUADRO 14

Cemento N.º	Consistencia A. S. T. M.	Expansión media %
41	22,5	0,04
42	23,0	0,01

4.25. Estabilidad de volumen por el método de observación de las galletas. Expansión en autoclave (A. S. T. M. C 151-52).

Las galletas cocidas y observadas a las 24 horas y las conservadas en cámara húmeda y bajo agua durante 7 y 28 días, resultaron "sin novedad".

Los resultados del ensayo de expansión en autoclave quedan de manifiesto en el cuadro 14.

4.26. *Resistencias mecánicas en mortero a flexotracción y compresión.*

Los resultados quedan expuestos en el cuadro 15.

C U A D R O 1 5

Cemento N.º	RESISTENCIAS MECANICAS (kg/cm ²)					
	FLEXOTRACCION			COMPRESION		
	3 días	7 días	28 días	3 días	7 días	28 días
41	33,8	45,9	70,9	179	256	425
42	13,6	23,8	46,6	52	115	248

4.27. *Análisis químico.*

Los resultados se indican en el cuadro 16.

C U A D R O 1 6

Cemento N.º	COMPOSICION % EN PESO											
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	PF	RI	Ale. y S. D.	Total	Cal libre	Humedad
41	25,1	3,7	0,44	87,0	0,90	1,6	0,88	0,20	0,18	100,00	0,18	0,51
42	23,2	1,6	0,44	85,0	0,85	0,82	7,5	0,44	0,15	100,00	0,84	0,60

4.28. *Composición potencial calculada.*

Para el cemento 41 resultó la composición potencial calculada que se indica en el cuadro 17.

C U A D R O 1 7

Cemento N.º	COMPOSICION POTENCIAL CALCULADA %			
	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
41	51,1	33,5	9,1	1,3

C U A D R O 1 8

Cemento N.º	CALOR DE HIDRACION (cal/g)	
	A 7 días	A 28 días
41	19	21
42	38	52

4.29. *Calor de hidratación.*

Los valores hallados quedan de manifiesto en el cuadro 18.

4.3. *Cementos siderúrgicos.*

Fueron seis los cementos ensayados que contenían escorias. Salvo el 47 y el 48, que trajeron, respectivamente, la denominación de Portland siderúrgico y Portland de alto horno, el resto de ellos se recibió sin denominación específica.

4.31. *Agua de amasado.*

Los tantos por ciento de agua de amasado se indican en el cuadro 19 y representan, por orden creciente de valores, en la figura 11.

4.32. *Principio y fin del fraguado.*

Los resultados quedan expuestos en el cuadro 20 y representados gráficamente en la figura 12 por orden creciente de valores.

CUADRO 19

Cemento número	Agua de amasado %
43	28,5
44	27,0
45	26,5
46	28,0
47	28,0
48	29,0

CUADRO 20

Cemento N.º	FRAGUADO					
	Principio		Fin		Intervalo	
	Horas	Minutos	Horas	Minutos	Horas	Minutos
43	4	00	6	15	2	15
44	3	00	5	30	2	30
45	3	00	4	45	1	45
46	3	00	4	45	1	45
47	2	30	4	30	2	00
48	2	45	5	30	2	45

CUADRO 21

Cemento número	Peso específico real
43	3,04
44	3,13
45	3,12
46	3,08
47	3,05
48	2,98

CUADRO 22

Cemento N.º	RESIDUOS % SOBRE TAMICES DE		
	900 mallas/cm²	4.900 mallas/cm²	Polvo
43	0,05	1,80	98,15
44	0,20	9,35	90,45
45	0,05	3,70	96,25
46	0,07	6,05	93,88
47	0,10	2,70	97,20
48	0,05	1,88	98,07

4.33. Peso específico real.

Los resultados se indican en el cuadro 21 y se representan gráficamente en la figura 13, por orden creciente de valores.

4.34. Finura de molido. Superficie específica Blaine.

Los resultados de finura obtenidos con tamices son los expuestos en el cuadro 22 y figura 14, en la que se representan por orden creciente de valores.

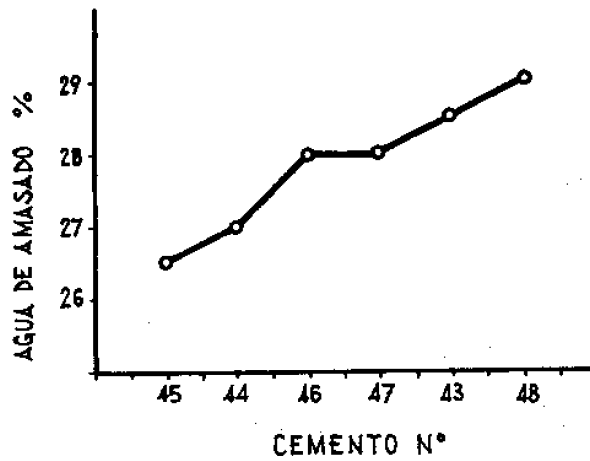


Fig. 11

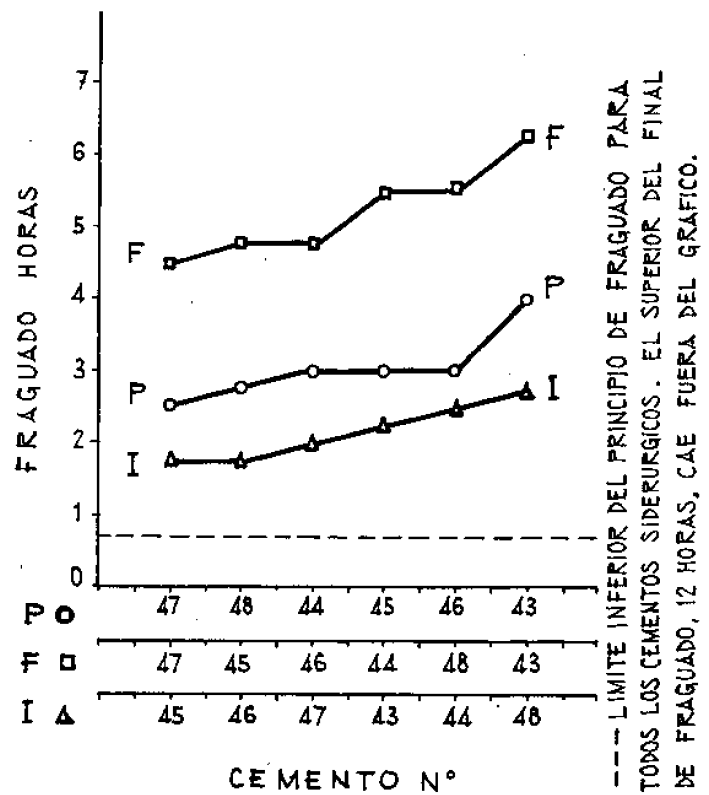
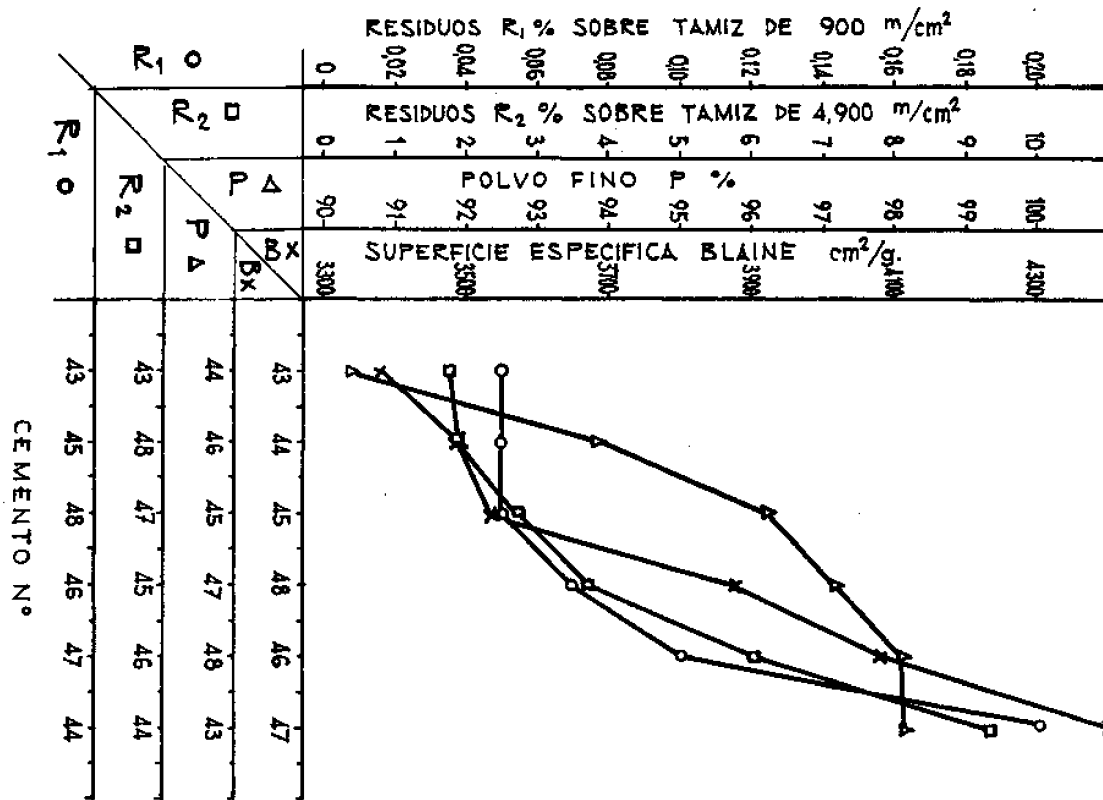


Fig. 12



LOS LIMITES SUPERIORES DE RESIDUO SOBRE TAMIZ DE 4,900 MALLAS/cm² (□) PARA LAS CATEGORIAS PS-250 y PAH-250: 14 %, y PARA LAS CATEGORIAS PS-150, PAH-150 y SC-150: 16% CAEN FUERA DEL GRAFICO.

FIG. 14

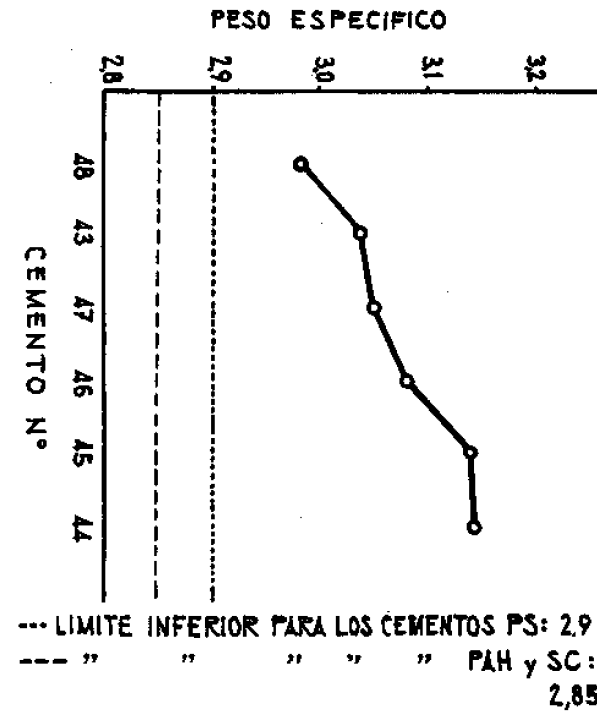


FIG. 13

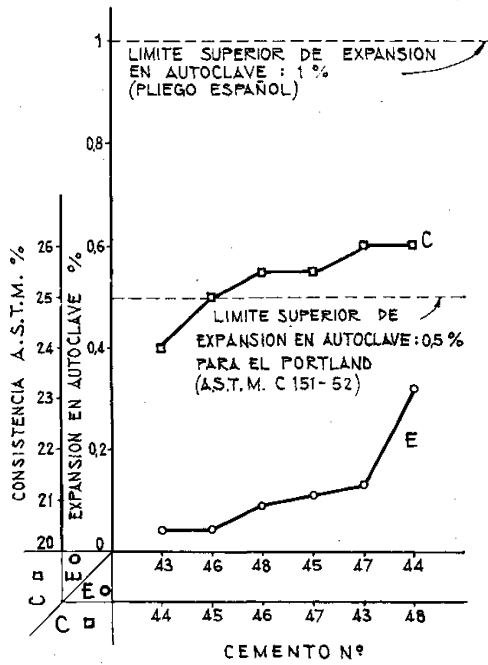


Fig. 15

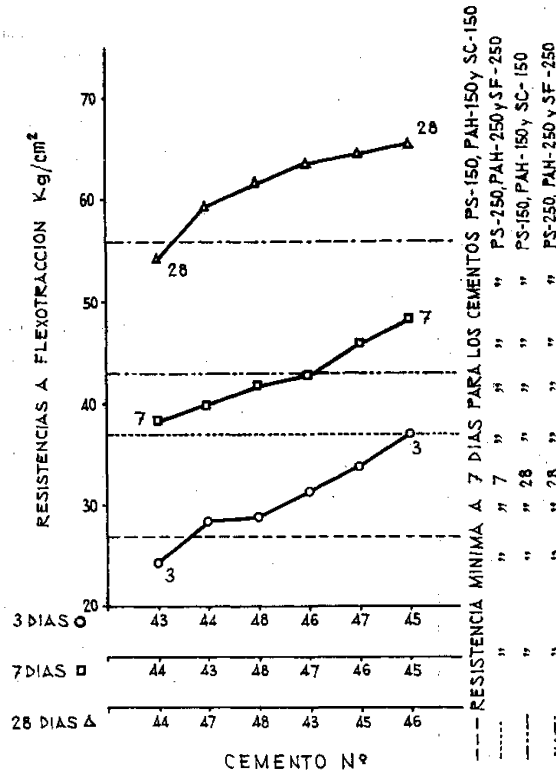


Fig. 16

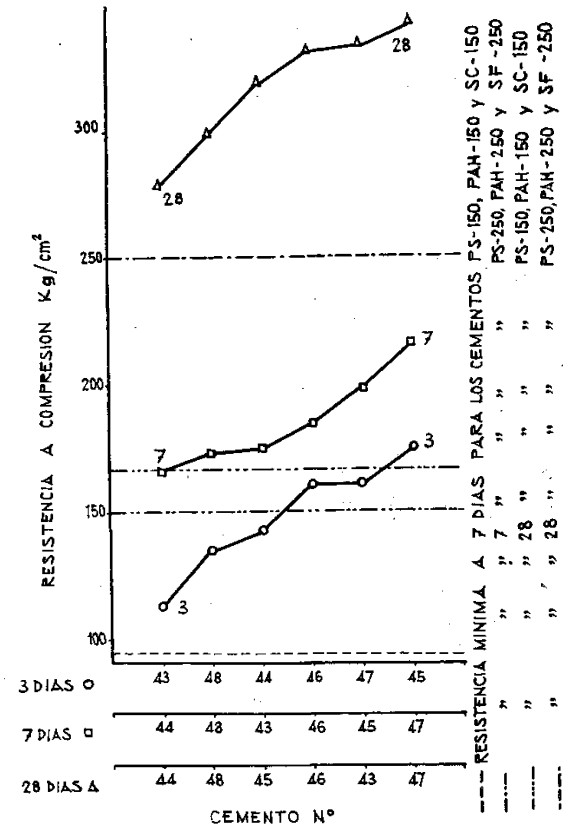


Fig. 17

Los valores de la superficie específica Blaine se exponen en el cuadro 23 y se representan por orden creciente en la figura 14.

CUADRO 23

Cemento N.º	Superficie específica Blaine (cm²/g)	Cemento N.º	Superficie específica Blaine (cm²/g)	Cemento N.º	Superficie específica Blaine (cm²/g)
43	3.381	45	3.545	47	4.404
44	3.489	46	4.078	48	3.878

4.35 Estabilidad de volumen por el método de observación de las galletas. Expansión en autoclave (A. S. T. M. C 151-52).

Todas las galletas, tanto las cocidas y observadas a las 24 horas, como las conservadas en cámara húmeda y bajo agua durante 7 y 28 días, resultaron "sin novedad".

Los valores de la expansión en autoclave quedan expuestos en el cuadro 24 y representados por orden creciente de valores, en la figura 15.

CUADRO 24

Cemento N.º	Consistencia A. S. T. M. %	Expansión media %	Cemento N.º	Consistencia A. S. T. M. %	Expansión media %
43	26,0	0,04	46	25,5	0,04
44	24,0	0,32	47	25,5	0,13
45	25,0	0,11	48	26,0	0,09

4.36 Resistencias mecánicas en mortero a flexotracción y compresión.

Los resultados quedan de manifiesto en el cuadro 25 y gráficos de las figuras 16 y 17, en los que se representan por orden creciente de valores.

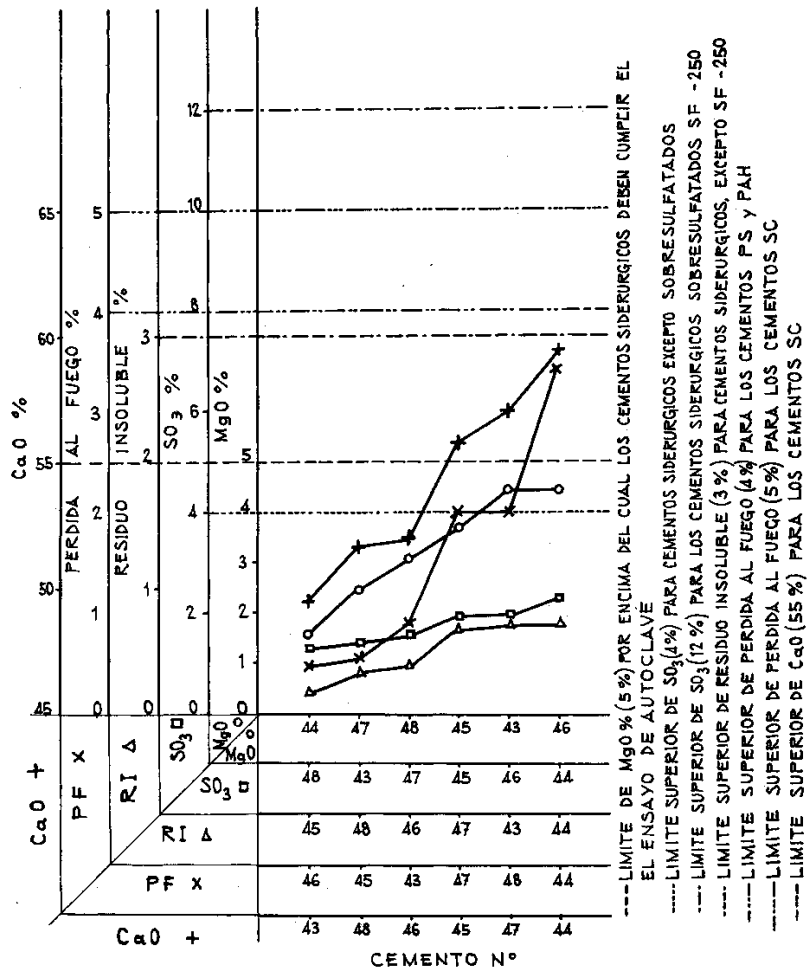


Fig. 18

CUADRO 25

Cemento N.º	RESISTENCIAS MECANICAS (kg/cm ²)					
	FLEXOTRACCION			COMPRESION		
	3 días	7 días	28 días	3 días	7 días	28 días
43	24,8	39,9	63,9	113	175	333
44	28,3	38,2	54,4	142	165	279
45	37,0	48,1	64,7	175	199	319
46	31,2	46,2	65,7	161	186	331
47	33,9	42,7	59,4	161	217	342
48	28,6	41,8	61,8	136	173	299

CUADRO 26

Cemento N.º	COMPOSICION %													
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	SO ₂	PF	RI	SCa	Alc. y S. D. Total	Gal libre	Humedad	
43	27,5	8,2	1,9	0,43	49,4	4,4	1,4	0,87	0,70	5,1	0,10	100,00	0,15	0,61
44	21,4	6,1	2,7	0,24	80,4	1,6	2,3	3,4	0,70	0,53	0,63	100,00	0,65	0,81
45	25,9	7,0	1,7	0,58	55,8	3,7	1,9	0,52	0,18	1,0	1,72	100,00	0,09	0,27
46	28,7	7,7	1,6	0,78	51,9	4,4	1,9	0,46	0,38	1,6	0,58	100,00	0,15	0,74
47	23,9	6,5	2,2	0,24	57,0	2,4	1,6	2,0	0,68	2,1	1,38	100,00	0,35	0,37
48	27,6	8,0	1,5	0,50	51,5	3,1	1,3	2,0	0,32	2,3	1,68	100,00	0,47	0,35

4.37. Análisis químico.

Los resultados se exponen en el cuadro 26 y se representan en el gráfico de la figura 18, por orden creciente de valores.

4.38. Composición potencial calculada.

Por el hecho de contener estos cementos escoria granulada de horno alto, ajena al clínker, no es posible aplicarles las fórmulas para el cálculo de la composición potencial.

4.39. Calor de hidratación.

Con las reservas que impone la presencia de escoria en estos cementos, a efectos comparativos con los Portland, los resultados son los que se indican en el cuadro 27, representados gráficamente en la figura 19, por orden creciente de valores.

CUADRO 27

Cemento N.º	CALOR DE HIDRATACION (cal/g)	
	A 7 días	A 28 días
43	—	—
44	66	87
45	78	78
46	60	63
47	58	59
48	55	57

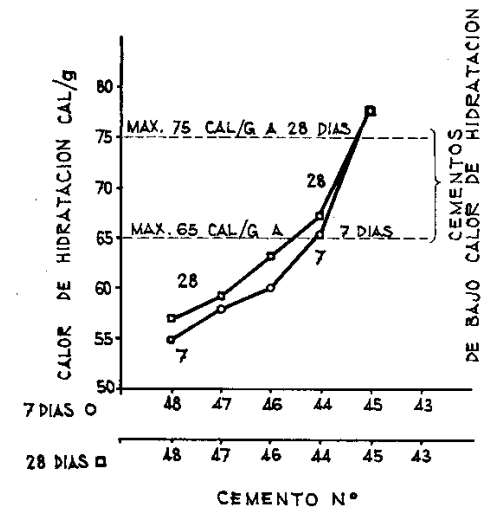


Fig. 19

4.4. Cementos naturales.

En total fueron 8 los cementos naturales ensayados, de los cuales 4, los correspondientes a los números 49, 50, 51 y 52, vinieron designados como rápidos, 3, los correspondientes a los números 53, 54 y 55 como lentos, y 1, el correspondientes al número 56, sin designación especial.

4.4.1. Agua de amasado.

Los tantos por ciento de agua de amasado se ponen de manifiesto en el cuadro 28 y se representan gráficamente, por orden creciente de valores, en la figura 20.

C U A D R O 2 8

Cemento número	Agua de amasado %
49	40,0
50	36,5
51	37,0
52	27,0
53	38,0
54	38,0
55	38,0
56	31,0

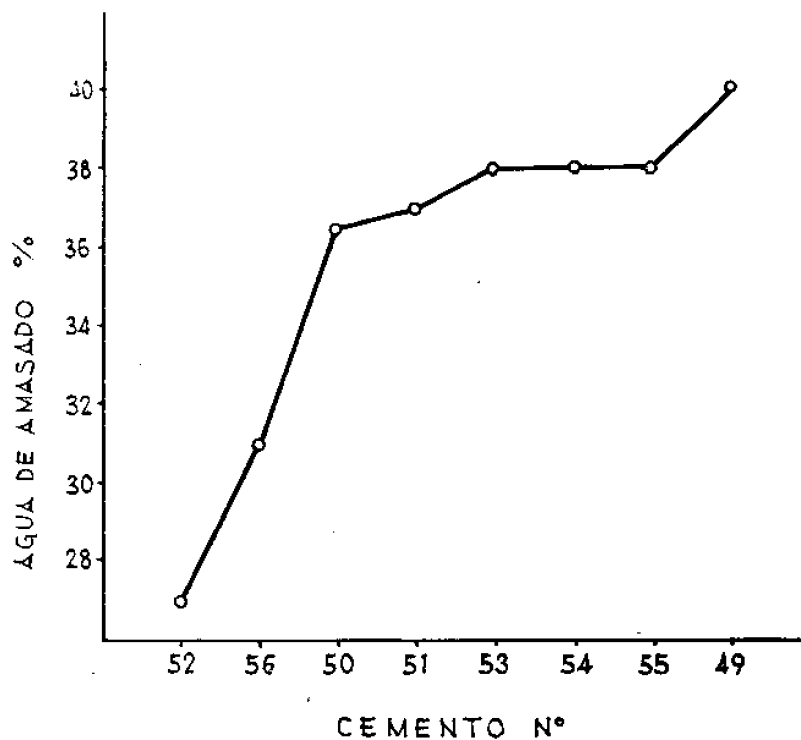


Fig. 20

4.4.2. Principio y fin del fraguado.

Los resultados se exponen en el cuadro 29 y se representan gráficamente, por orden creciente de valores, en la figura 21.

C U A D R O 2 9

Cemento n.º	FRAGUADO					
	Principio		Fin		Intervalo	
	Horas	Minutos	Horas	Minutos	Horas	Minutos
49	0	4	0	7	0	3
50	0	6	0	18	0	12
51	1	45	11	30	9	45
52	3	30	5	00	1	30
53	0	12	0	18	0	6
54	0	10	0	40	0	30
55	1	00	3	30	2	30
56	2	15	6	30	4	15

4.4.3. Peso específico real.

Los resultados se indican en el cuadro 30 y se representan en el gráfico de la figura 22, por orden creciente de valores.

C U A D R O 3 0

Cemento número	Peso específico real	Cemento número	Peso específico real
49	2,89	53	2,84
50	2,97	54	2,77
51	2,98	55	2,92
52	3,13	56	3,17

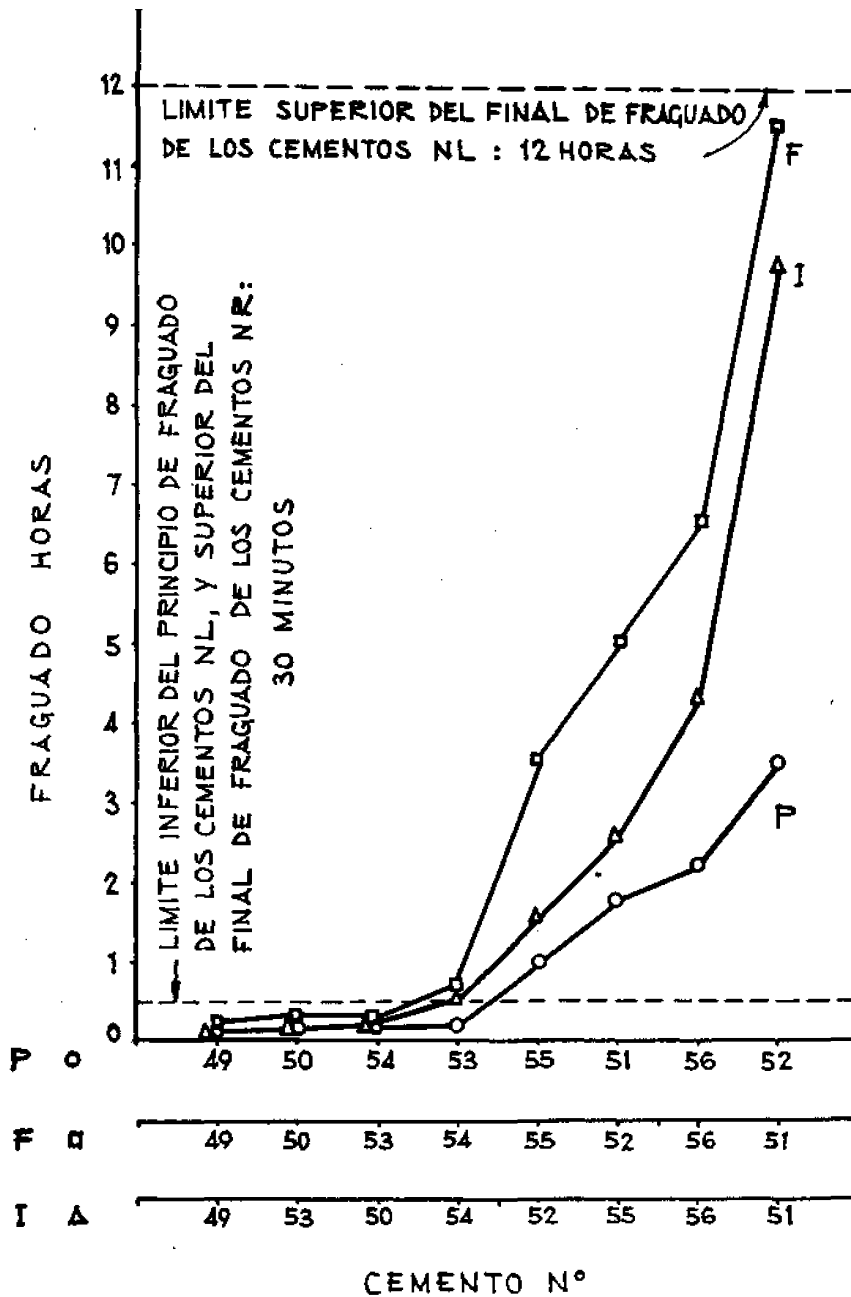


Fig. 21

4.44. Finura de molido. Superficie específica Blaine.

Los resultados de finura obtenidos con tamices son los expuestos en el cuadro 31 y figura 23, en la que se representan por orden creciente de valores.

C U A D R O 3 1

Cemento N.º	RESIDUOS % SOBRE TAMICES DE			Cemento N.º	RESIDUOS % SOBRE TAMICES DE		
	900 mallas/cm²	4.900 mallas/cm²	Polvo		900 mallas/cm²	4.900 mallas/cm²	Polvo
49	17,65	18,25	64,10	53	14,30	20,60	65,10
50	19,15	23,20	57,65	54	7,10	23,55	69,35
51	10,62	19,35	70,03	55	11,47	20,43	68,10
52	0,94	12,44	86,62	56	0,40	15,07	84,53

Los valores de la superficie específica Blaine se exponen en el cuadro 32 y se representan, por orden creciente, en el gráfico de la figura 23.

CUADRO 32

Cemento número	Superficies específicas Blaine (cm ² /g)
49	3.874
50	5.066
51	5.315
52	4.404
53	6.445
54	7.508
55	6.725
56	6.507

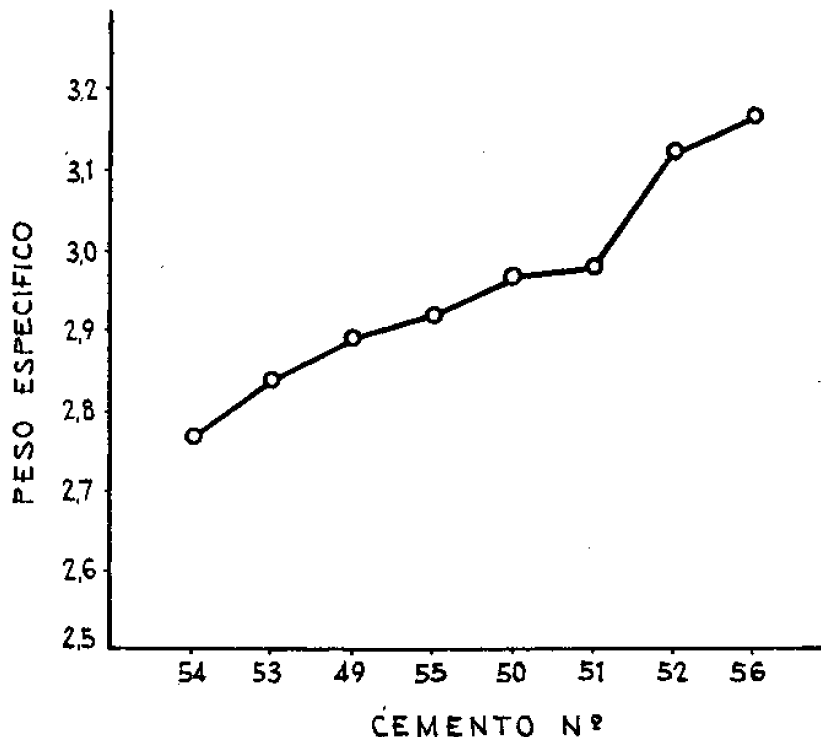


Fig. 22

4.45. Estabilidad de volumen por el método de observación de las galletas. Expansión en autoclave (A. S. T. M. C 151-52).

Todas las galletas, tanto las cocidas y observadas a las 24 horas, como las conservadas en cámara húmeda y bajo agua durante 7 y 28 días, resultaron "sin novedad".

Los valores de la expansión en autoclave quedan expuestos en el cuadro 33 y representados por orden creciente en los gráficos de la figura 24.

CUADRO 33

Cemento núm.	Consistencia A. S. T. M. %	Expansión media %
49	37,0	0,08
50	33,5	D *
51	34,5	0,18
52	24,0	0,28
53	36,0	0,87
54	36,5	D *
55	35,0	0,12
56	29,5	2,75

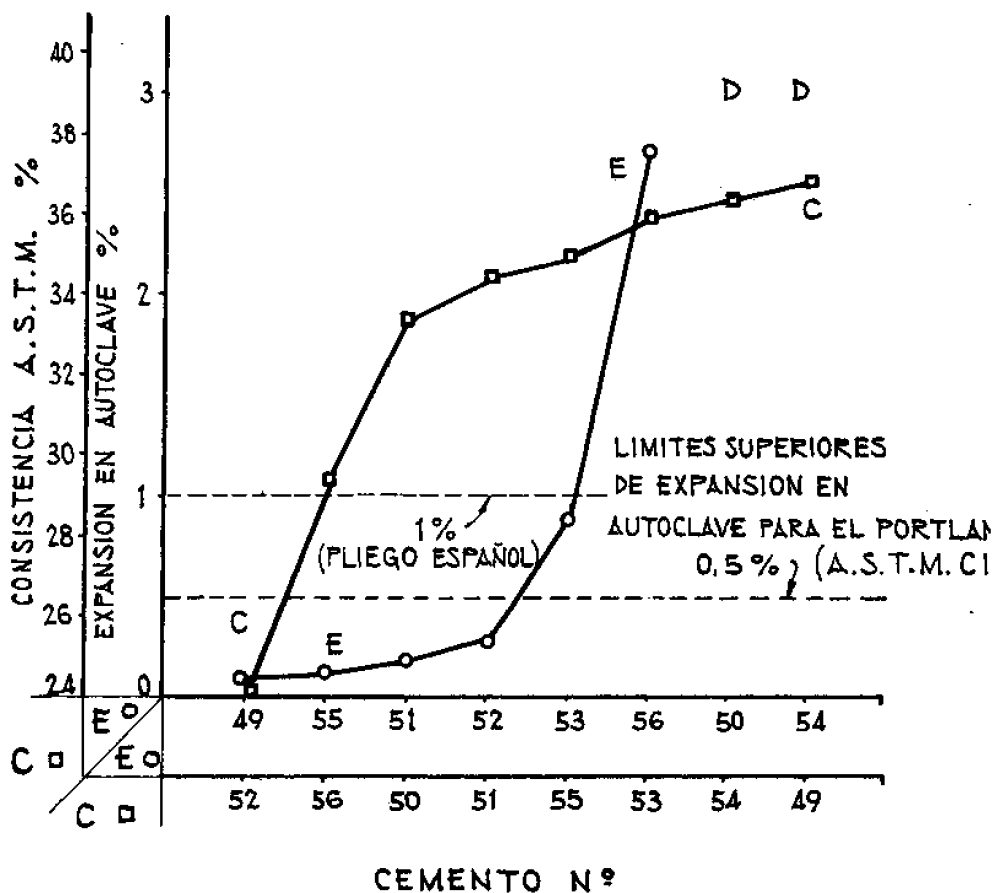


Fig. 24

* D: Probetas desintegradas.

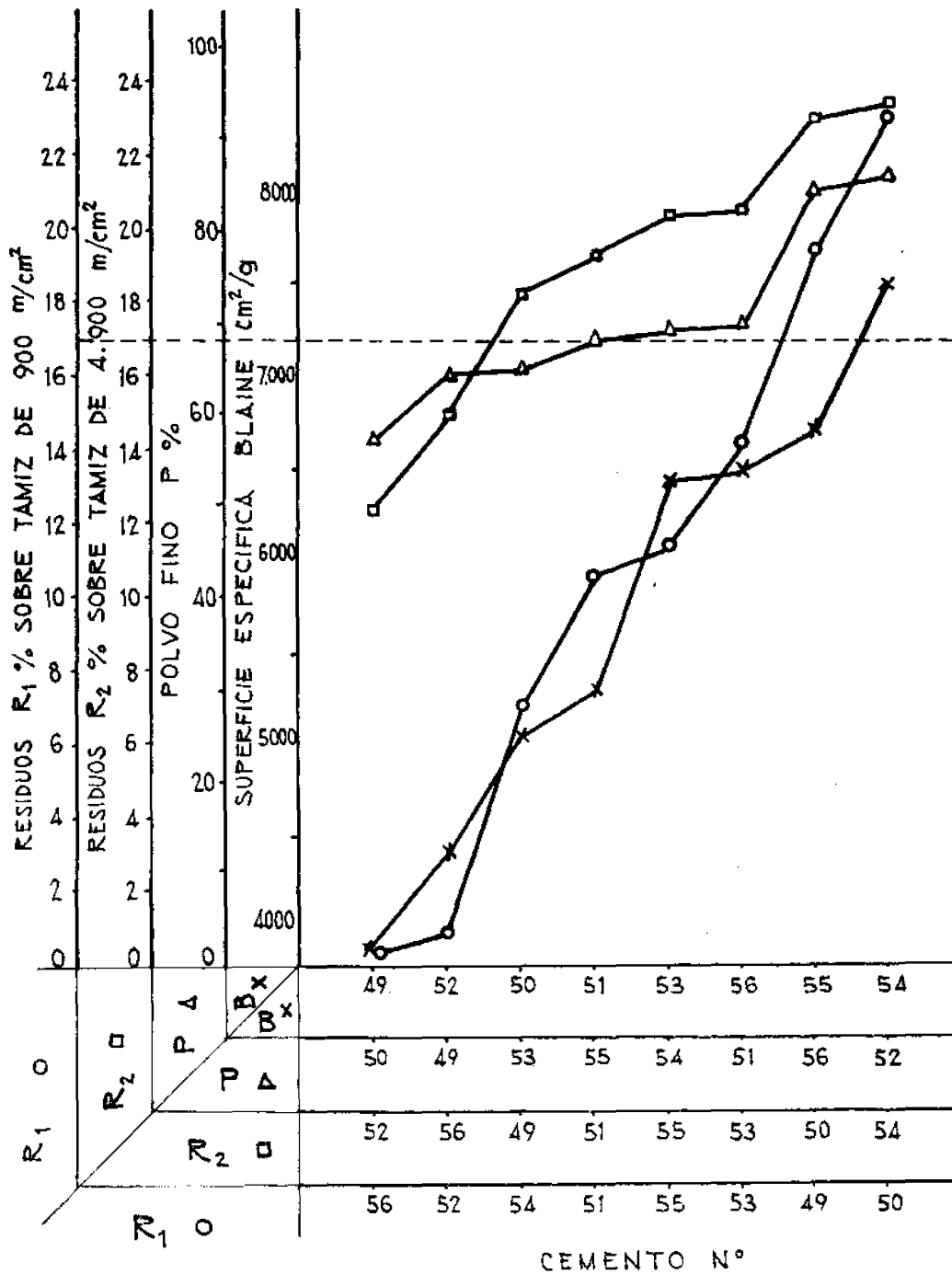


Fig. 23

--- LIMITE SUPERIOR DE RESIDUO SOBRE TAMIZ DE 900 m/cm² (□) PARA CEMENTOS NATURALES 17%
 EL LIMITE SUPERIOR DE RESIDUO SOBRE TAMIZ DE 4.900 m/cm² (35%) CAE FUERA DEL GRAFICO

4.46. Resistencias mecánicas en mortero a flexotracción y compresión.

Los resultados quedan de manifiesto en el cuadro 34 y gráficos de las figuras 25 y 26, en las que se representan por orden creciente de valores.

CUADRO 34

Cemento N.º	RESISTENCIAS MECANICAS (kg/cm ²)						Cemento N.º	RESISTENCIAS MECANICAS (kg/cm ²)					
	FLEXOTRACCION			COMPRESION				FLEXOTRACCION			COMPRESION		
	3 días	7 días	28 días	3 días	7 días	28 días		3 días	7 días	28 días	3 días	7 días	28 días
49	12,4	15,3	32,7	26	42	137	53	4,8	7,8	16,4	17	24	44
50	5,0	7,1	15,2	10	17	45	54	2,5	5,6	13,9	7	14	33
51	5,0	9,1	18,3	14	23	49	55	4,5	7,7	17,0	14	23	47
52	21,4	28,7	44,3	108	156	214	56	8,1	11,7	25,5	30	47	119

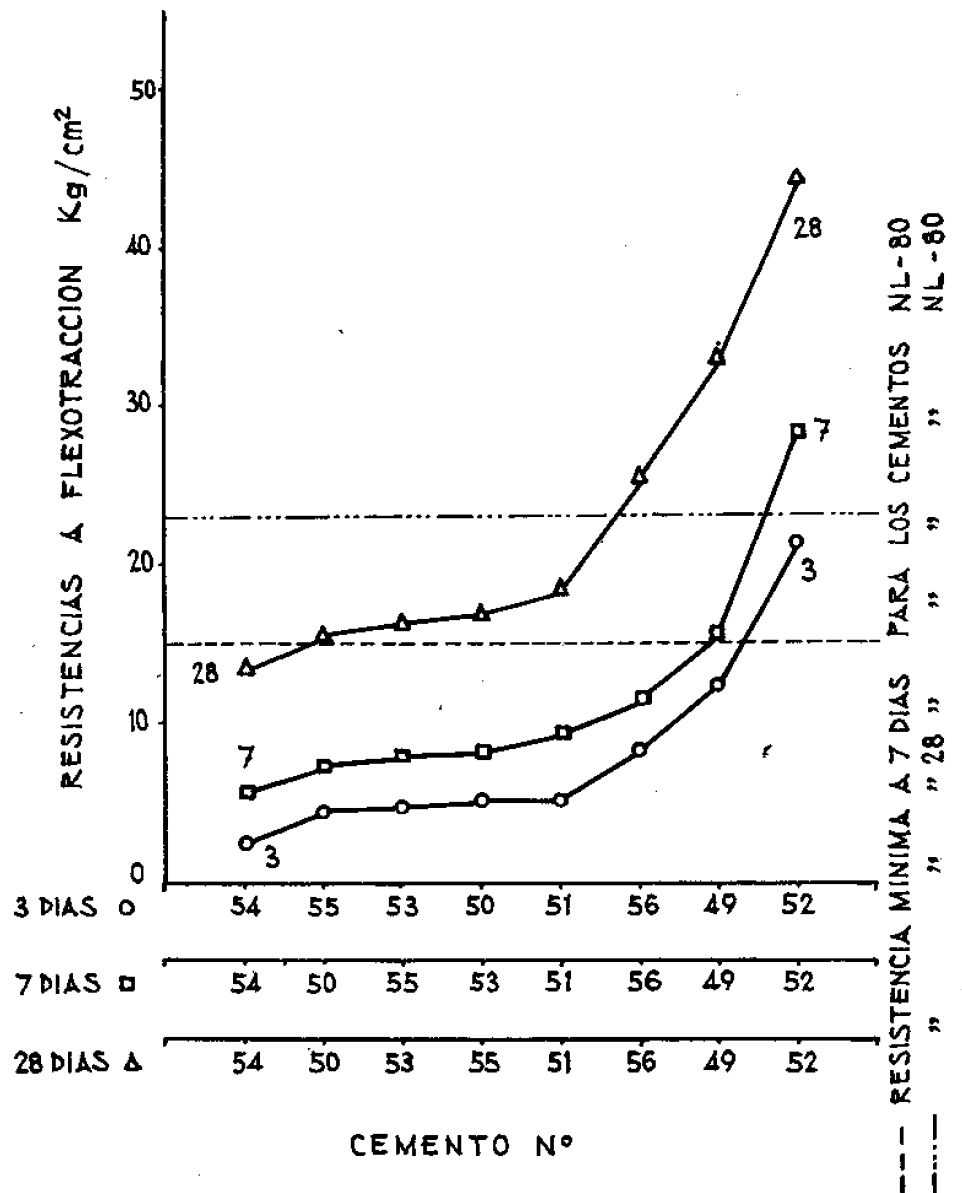


Fig. 25

4.47. Análisis químico.

Los resultados se exponen en el cuadro 35.

CUADRO 35

Cemento N.º	COMPOSICION %										CaO libre	Humedad
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₂	PF	RI	Ale. y S. D.	Total		
49	15,0	6,4	2,9	46,5	2,0	2,6	13,2	11,1	0,3	100,00	2,40	0,53
50	19,4	7,2	2,7	48,6	2,0	1,2	8,2	9,9	0,8	100,00	4,20	6,22
51	17,0	7,3	3,6	38,2	5,2	4,0	5,4	18,7	0,6	100,00	2,19	0,30
52	19,0	3,9	2,4	61,0	1,2	1,4	7,4	3,1	0,6	100,00	1,60	0,43
53	13,2	4,7	2,6	48,8	2,0	2,0	14,8	11,6	0,3	100,00	7,2	0,93
54	11,6	4,9	2,4	47,1	1,6	1,1	15,4	14,3	1,6	100,00	7,6	0,68
55	9,5	5,3	3,6	32,6	4,3	3,1	8,4	30,1	3,1	100,00	2,18	0,55
56	18,9	5,6	2,5	55,6	2,5	1,1	8,9	3,9	1,0	100,00	5,39	0,72

4.48. Composición potencial calculada.

Como a los cementos con escorias, tampoco a los naturales les son aplicables las ecuaciones para el cálculo de la composición potencial.

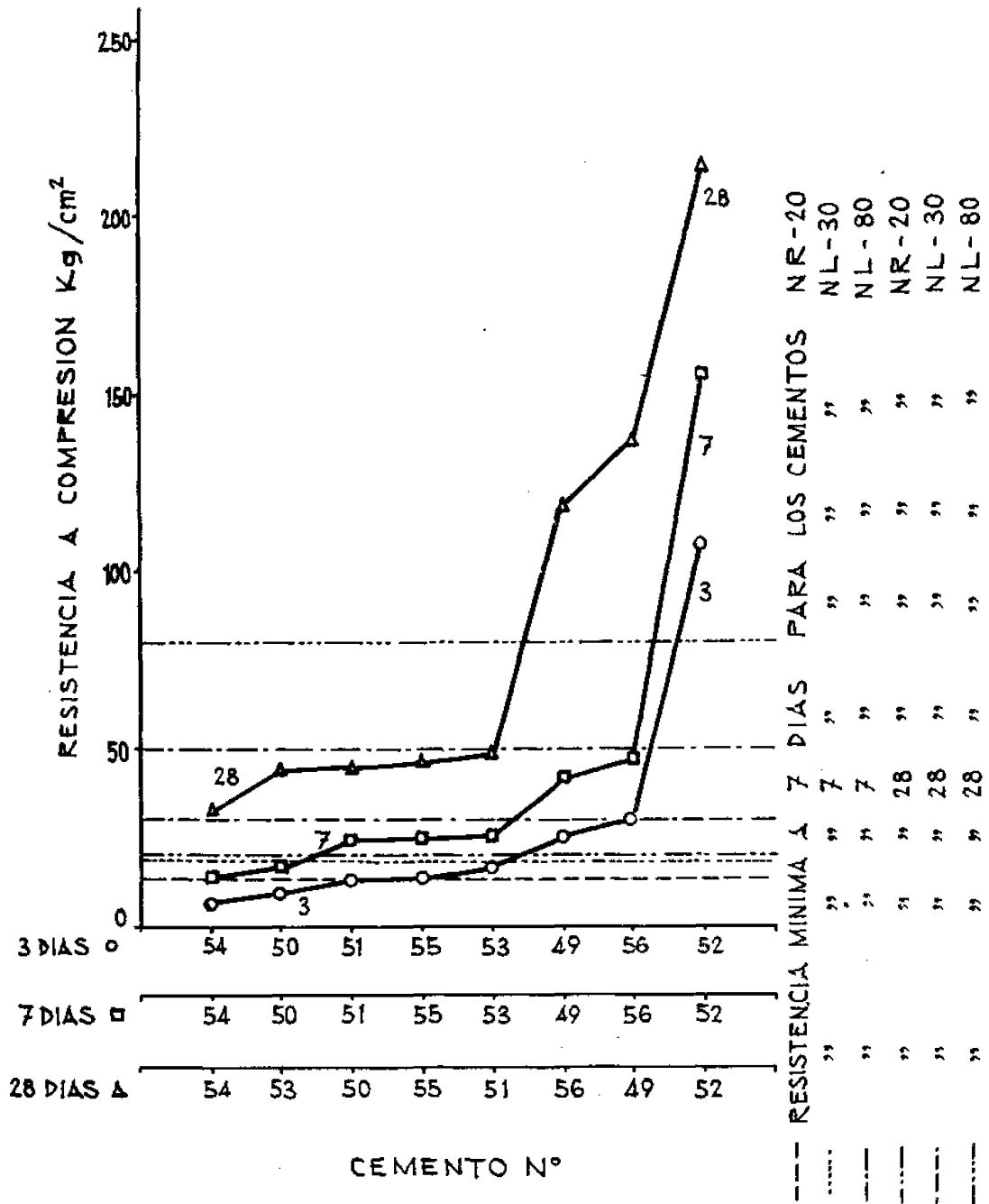


Fig. 26

4.49. Calor de hidratación.

Los resultados, aleatorios a efectos comparativos cuando se trata de cementos naturales, se indican en el cuadro 36 y se representan gráficamente, por orden creciente de valores, en la figura 27.

5. Examen de resultados

Los cuadros y gráficos precedentes permiten situar a uno cualquiera de los cementos ensayados en el lugar que le corresponde entre los demás, respecto de cualquiera de las características estudiadas. Permiten también apreciar el campo de variación de cada una de éstas, así como los valores medios y más frecuentes de las mismas.

Por lo que se refiere a las prescripciones, tanto químicas como físicas y mecánicas de la Propuesta de nuevo Pliego y del Pliego aparecido en el "Boletín Oficial" de 26-I-60, señaladas en los correspondientes gráficos para

cada tipo, clase y categoría de cemento, el examen de los resultados obtenidos da lugar a las consideraciones que se exponen a continuación.

CUADRO 36

Cemento N.º	CALOR DE HIDRATACION (cal/g)	
	A 7 días	A 28 días
49	28	31
50	18	30
51	15	15
52	51	58
53	19	29
54	19	21
55	17	17
56	55	55

5.1. Cementos Portland.

Sólo serán objeto de examen aquellas características que suponen una prescripción o recomendación, expresada en cifras límite, por parte de la Propuesta de nuevo Pliego.

5.1.1. Principio y fin del fraguado.

Como se puede apreciar, los 40 cementos ensayados (el 100 %) cumplen con los límites señalados para el principio y fin del fraguado, tanto por la Propuesta del I. T. C. C. como por el Pliego del "Boletín Oficial".

5.1.2. Peso específico real.

Tan sólo uno de los 40 cementos ensayados (lo que supone un 2,5 %) da un peso específico algo inferior al mínimo prescrito, tanto por la Propuesta como por el Pliego para los cementos tipo Portland, categoría P-150.

5.1.3. Finura de molido.

Los 40 cementos ensayados (el 100 %) cumplen con la cifra de residuo máximo sobre tamiz de 4.900 mallas por centímetro cuadrado prescrita por la Propuesta y por el Pliego para los cementos tipo Portland, categoría P-150.

Sólo uno de los 40 cementos (el 2,5 %) da un residuo sobre el tamiz de 4.900 mallas por centímetro cuadrado superior al máximo admitido por la Propuesta y por el Pliego, para los cementos tipo Portland, categorías P-250 y PAS-150. El 97,5 % cumple con la correspondiente prescripción.

De los 40 cementos, 21 (el 52,5 %) dan sobre el tamiz de 4.900 mallas por centímetro cuadrado residuos superiores al límite máximo fijado por la Propuesta y por el Pliego para los cementos tipo Portland, categoría P-350. El resto, 19 (el 47,5 %) cumple con la prescripción correspondiente.

5.1.4. Estabilidad de volumen por el método de observación de las galletas.

La totalidad de los cementos (el 100 %) cumple con la correspondiente prescripción relativa a la expansión.

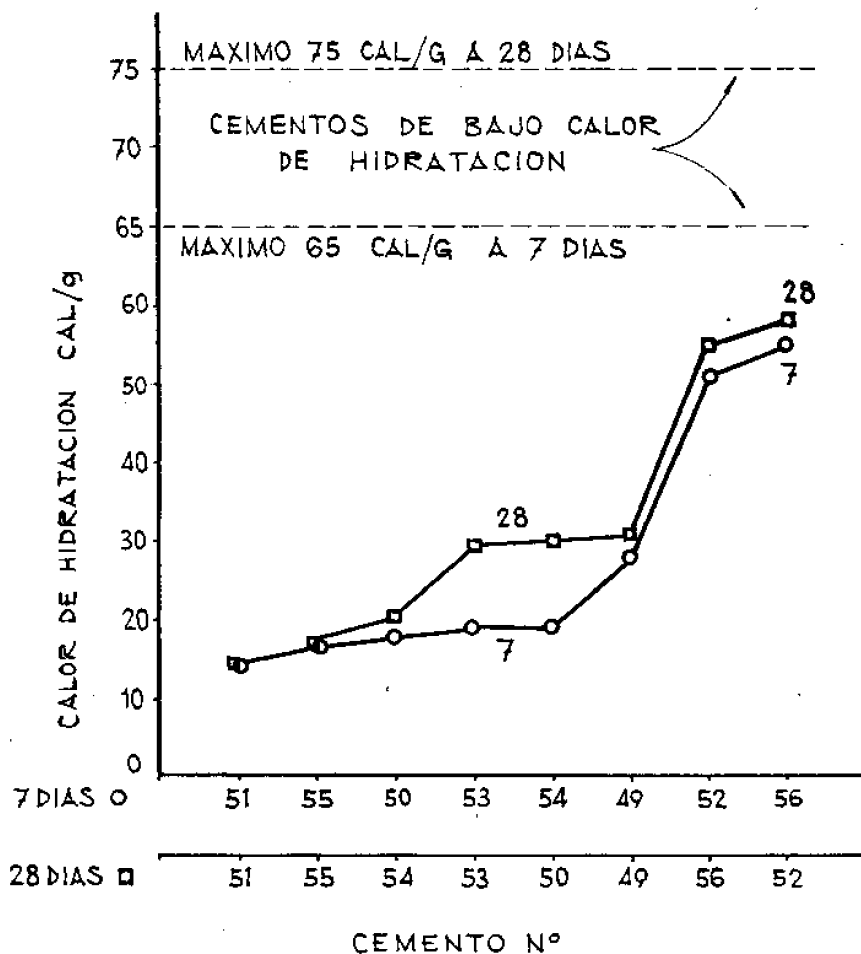


Fig. 27

5.15. *Expansión en autoclave.*

Salvo 7 cementos (el 17,5 %), el resto de 33 (el 82,5 %) cumple con el ensayo A. S. T. M. C 151-52 de expansión en autoclave. El 92,5 % cumple con el límite de 1 % para esta expansión, según la Propuesta y el Pliego.

5.16. *Resistencias mecánicas a flexotracción y compresión.*

En cuanto a las resistencias a flexotracción, 31 de los 40 cementos ensayados (el 77,5 %) dan a tres días resistencias superiores a 33 kg/cm², límite inferior señalado para la categoría P-350.

A siete días, los 40 (el 100 %) dan resistencias superiores a 27 kg/cm², límite inferior prescrito para la categoría P-150 y para la clase PAS, en su única categoría PAS-150; 39 de ellos (el 97,5 %) dan resistencias superiores a 37 kg/cm², límite inferior prescrito para la categoría P-250; 29 de ellos (el 72,5 %) dan resistencias superiores a 45 kg/cm², límite inferior señalado para la categoría P-350.

A veintiocho días, 39 de los 40 cementos (el 97,5 %) dan resistencias superiores a 43 kg/cm², límite inferior señalado para la categoría P-150 y para la clase PAS, en su única categoría PAS-150; 35 de ellos (el 87,5 %) dan resistencias superiores a 56 kg/cm², límite inferior prescrito para la categoría P-250; 21 de ellos (el 52,5 %) dan resistencias superiores a 64 kg/cm², límite inferior fijado para la categoría P-350.

Respecto de las resistencias a compresión puede observarse lo siguiente:

A tres días, 22 de los 40 cementos ensayados (el 55 %) dan resistencias superiores a 179 kg/cm², límite inferior señalado para la categoría P-350.

A siete días, todos los cementos (el 100 %) dan resistencias superiores a 94 kg/cm², límite inferior fijado para la categoría P-150 y para la clase PAS, en su categoría única PAS-150; 38 de los 40 cementos (el 95 %) dan resistencias superiores a 167 kg/cm², límite inferior prescrito para la categoría P-250; 16 de ellos (el 40 %) dan una resistencia superior a 250 kg/cm², límite inferior señalado para la categoría P-350.

A veintiocho días, los 40 cementos (el 100 %) dan resistencias superiores a 150 kg/cm², límite inferior fijado para la categoría P-150 y para la clase PAS, en su única categoría PAS-150; 37 de ellos (el 92,5 %) dan resistencias superiores a 250 kg/cm², límite inferior prescrito para la categoría P-250; 17 de ellos (el 42,5 %) dan resistencias superiores a 350 kg/cm², límite inferior señalado para la categoría P-350.

5.17. *Análisis químico.*

Respecto de las condiciones químicas que impone la Propuesta a los cementos tipo Portland, puede observarse lo siguiente:

En cuanto a magnesia (MgO %), los 40 cementos (el 100 %) cumplen con lo prescrito para las categorías P-150, P-250 y P-350, y 38 de los 40 (el 95 %) cumplen lo estipulado para la clase PAS, en su categoría única PAS-150.

Por lo que respecta a SO₃, todos los cementos (el 100 %) cumplen la correspondiente prescripción relativa a las categorías P-150, P-250 y P-350; 30 de los 40 (el 75 %) cumplen la relativa a la clase y categoría PAS-150.

En cuanto a pérdida al fuego (dependiente en gran manera de las condiciones de transporte, almacenamiento, envase y conservación en general) 35 cementos (el 87,5 %) cumplen lo prescrito para las categorías P-150 y P-250 y 32 (el 80 %) cumplen la prescripción señalada para la categoría P-350 y la clase PAS, categoría única PAS-150.

Por último, respecto del residuo insoluble, 35 de los 40 cementos (el 87,5 %) satisfacen los límites señalados para las categorías P-150, P-250 y P-350, y 21 (el 52,5 %) cumplen lo especificado para la categoría y clase PAS-150. Todo esto, según la Propuesta del I. T. C. C. Según el Pliego del "Boletín Oficial", el 87,5 % cumple con la categoría P-150, el 70 % con las categorías P-250 y P-350 y el 87,5 con la categoría PAS-150.

5.18. *Composición potencial calculada.*

Por lo que se refiere al contenido máximo de silicato tricálcico C₃S, 31 de los 40 cementos (el 77,5 %) cumplen con el límite señalado para la clase y categoría PAS-150, según la Propuesta y el Pliego.

Según este último, los cementos que rebasan el 35 % de silicato tricálcico y, por lo tanto, "no deben ser empleados en presas" asciende al 75 %.

En cuanto al aluminato tricálcico C₃A, 39 de los 40 cementos (el 97,5 %) cumplen con el límite máximo fijado por la Propuesta y el Pliego para la categoría P-350; el único cemento que sobrepasa dicho límite, el número 4, cumple, sin embargo, con el prescrito para el ensayo de expansión en autoclave (véase 4.15, cuadro 5, figura 5). Uno de los cementos, el número 9 (el 2,5 %) cumple con el límite máximo señalado para la clase y categoría PAS-150.

Según el Pliego, sólo el 60 % cumplen con la categoría P-250, por lo que respecta al contenido de aluminato tricálcico.

5.19. *Prescripciones especiales.*

En cuanto a éstas, tanto por la Propuesta como por el Pliego, resultan cementos de alta estabilidad (expansión en autoclave menor de 0,7 %) el 85 %. De bajo calor de hidratación a siete días (máximo 65 cal/g) resultan el 57,5 % y a veintiocho días (máximo 75 cal/g), el 47,5 % (por término medio, el 52,5 %).

5.2. *Cementos blancos.*

Los dos cementos ensayados cumplen con las prescripciones señaladas para los Portland no blancos, en cuanto al fraguado, peso específico real, finura de molido, estabilidad de volumen y expansión en autoclave.

En cuanto a resistencias mecánicas, uno de ellos, el número 41, cumple en flexotracción y compresión, a todas las edades, los límites mínimos señalados para la categoría P-350. El otro, el número 42, queda encuadrado en la categoría P-150, si bien la flexotracción a siete días es algo inferior al límite fijado para dicha categoría.

Las prescripciones relativas a composición química, las cumplen ambos, salvo la referente a pérdida al fuego, cuyo límite máximo es rebasado por el cemento número 42, encuadrado en la categoría P-150.

Por los datos de composición potencial, el cemento número 41, único al que se ha aplicado el correspondiente cálculo, queda fuera de la clase y categoría PAS-150, entrando, en cambio, en la P-250 y P-350, tanto por la Propuesta como por el Pliego.

En cuanto a prescripciones especiales, ambos cementos resultan ser de alta estabilidad y de bajo calor de hidratación.

5.3. *Cementos siderúrgicos.*

A efectos de encuadramiento y por falta de especificación de la clase de cada uno de los 6 cementos ensayados, dentro del tipo de los siderúrgicos, salvo en el caso de los números 47 y 48, especificados como Portland de alto horno (PAH), se consideran todos ellos como carentes de especificación, y a los números 47 y 48, aparte, con la suya de origen. Sólo se examinaron las características objeto de prescripción o recomendación por parte de la propuesta.

5.31. *Principio y fin del fraguado.*

Los 6 cementos ensayados (el 100 %) cumplen las limitaciones impuestas por la propuesta.

5.32. *Peso específico real.*

La totalidad de los cementos siderúrgicos ensayados (el 100 %) cumple las prescripciones de la Propuesta relativas a peso específico real.

5.33. *Finura de molido.*

Igualmente, los 6 cementos (el 100 %) dan finuras superiores a las mínimas exigidas.

5.34. *Estabilidad de volumen por el método de las galletas.*

La totalidad de los cementos (el 100 %) cumple con la correspondiente prescripción relativa a expansión.

5.35. *Expansión en autoclave.*

El 100 % de los cementos siderúrgicos ensayados cumple el ensayo A. S. T. M. C 151-52, y, por lo tanto, el de la Propuesta, en cuanto a expansión en autoclave.

5.36. *Resistencias mecánicas a flexotracción y compresión.*

En flexotracción, a siete días los 6 cementos (el 100 %) dan resistencias superiores a las fijadas como límite para cualquier clase y categoría, dentro de los cementos siderúrgicos; igual sucede a los veintiocho días, salvo para el cemento número 44 (83,3 %) que tiene una resistencia algo menor que la mínima estipulada para las clases y categorías PS-250, PAH-250 y SF-250.

En compresión, a siete días, 5 de los 6 cementos (83,3 %) dan resistencias superiores a la mínima señalada para cualquier clase y categoría; el número 44, como anteriormente, apenas queda excluido de la categoría 250, bien en la clase PS o en la clase PAH; a veintiocho días, el 100 % de los cementos sobrepasa los mínimos estipulados para todas las clases y categorías.

5.37. *Análisis químico.*

En cuanto a las prescripciones de tipo químico que señala la Propuesta para los cementos de tipo siderúrgico, se puede observar lo siguiente:

Por su contenido de cal, 3 de los 6 cementos (el 50 %) quedan fuera de la clase y categoría SC-150.

Por el contenido de magnesia, todos (el 100 %) cumplen lo especificado para la clase PS en sus categorías PS-150 y PS-250.

Por el contenido de SO_3 , la totalidad (el 100 %) satisfacen lo prescrito para cualquier clase y categoría dentro del tipo de los cementos siderúrgicos.

Otro tanto sucede con respecto a la pérdida al fuego y al residuo insoluble.

Por lo expuesto, los cementos números 47 y 48, calificados de Portland de alto horno, quedan encuadrados en la categoría PAH-250.

En lo que concierne a prescripciones especiales, todos los cementos siderúrgicos ensayados resultan ser de alta estabilidad. La mitad resultan ser de bajo calor de hidratación a siete días, y la mitad más uno (66,6 %) a veintiocho días.

5.4. *Cementos naturales.*

Puesto que la propuesta no hace, con relación a estos cementos, ninguna prescripción de carácter químico, sólo serán objeto de examen aquellas características físicas y mecánicas para las que la propuesta de nuevo Pliego estipula valores máximos o mínimos.

5.41. *Principio y fin del fraguado.*

De los 8 cementos ensayados, 4 (el 50 %) son por su comienzo de fraguado cementos naturales lentos (los números 51, 52, 55 y 56); el 50 % restante son cementos naturales rápidos.

Por el final del fraguado siguen manifestándose como lentos los mismos cementos ya citados, y, además, en número 54 (en total, el 62,5 %), si bien este último está en el límite.

Por consiguiente, con independencia de las denominaciones de origen (véase 4.4), a efectos de examen de los resultados, se consideran como cementos naturales rápidos (clase NR) los números 49, 50, 53 y 54, y como cementos naturales lentos (clase NL) los números 51, 52, 55 y 56.

5.42. *Finura de molido.*

De los 8 cementos ensayados, 6 (el 75 %) cumplen lo prescrito en la Propuesta con relación al residuo sobre tamiz de 900 mallas por centímetro cuadrado, para cualquier clase y categoría dentro de los cementos de tipo natural. Los números 49 y 50 sobrepasan el límite máximo fijado para dicho residuo.

En cuanto al residuo sobre el tamiz de 4.900 mallas por centímetro cuadrado, todos los cementos (el 100 %) cumplen la prescripción de la Propuesta.

5.43. *Estabilidad de volumen por el método de observación de las galletas.*

Los 8 cementos ensayados (el 100 %) cumplieron con lo prescrito para este ensayo.

5.44. *Expansión en autoclave.*

4 de los 8 cementos (el 50 %) cumplieron con el ensayo A. S. T. M. C 151-52, de expansión en autoclave.

5.45. *Resistencias mecánicas a flexotracción y compresión.*

En flexotracción, a siete días, de los 4 cementos considerados como rápidos, uno (el 25 %) cumple con lo estipulado para la categoría única NR-20; a veintiocho días, uno (el 25 %), que es el mismo anterior, el número 49, cumple lo prescrito para dicha categoría NR-20.

De los 4 cementos considerados como lentos, uno (el 25 %) cumple con lo prescrito para la resistencia a los siete días, para la categoría NL-30; a veintiocho días, uno (el 25 %), que es el mismo, el número 52, cumple lo estipulado para la citada categoría NL-30.

En cuanto a prescripciones especiales, los cementos naturales estudiados resultaron ser, naturalmente, de bajo valor de hidratación.

6. Conclusiones

Los resultados expuestos pueden resumirse en el cuadro 37, en el que se señalan los tantos por ciento de los distintos cementos estudiados, que, por los resultados de los diferentes ensayos, entran en las diversas clases y categorías establecidas en la Propuesta y en el Pliego. En los conceptos agua de amasado, superficie específica Blaine y calor de hidratación, se indican los valores extremos obtenidos para los mismos.

Dichos tantos por ciento se dan redondeados, y, por lo que respecta a los cementos Portland, se consideran incluidos en ellos, por definición, los dos cementos blancos.

Del cuadro anterior se deduce el 38, en el que se indican los tantos por ciento mínimos de los cementos que, tanto por resistencias mecánicas exclusivamente, como por todos conceptos, incluido el de las resistencias, cumplen con una clase y categoría dadas.

De la consideración de los cuadros precedentes emanan las siguientes conclusiones:

1.ª Prácticamente, la totalidad de los cementos Portland ensayados cumplen con la categoría P-150, por lo que a resistencias mecánicas se refiere. El tanto por ciento desciende a 85,7 si se consideran, además de las resistencias, las características físicas y químicas, y dentro de estas últimas la pérdida al fuego y el residuo insoluble, particularmente.

2.ª Según la propuesta del I. T. C. C., tanto por resistencias mecánicas como por todos conceptos, el 85,7 % como mínimo de los cementos Portland ensayados cumple con la categoría P-250. El mismo tanto por ciento acusa el Pliego del "Boletín Oficial" en concepto de resistencias, si bien es más bajo (71,5 %) el calculado por todos conceptos.

Esta reducción del tanto por ciento se debe a la imposición de un residuo insoluble menor.

3.ª El 40 % como mínimo de los cementos Portland estudiados cumple con las prescripciones relativas a la categoría P-350, tanto por resistencias mecánicas como por todos conceptos, según la Propuesta y según el Pliego.

4.ª El 97,6 % de los cementos Portland ensayados cumple por resistencia con la clase y categoría PAS-150, y sólo el 2,5 % cumple por todos conceptos, tanto según la Propuesta como según el Pliego.

5.ª La totalidad de los cementos siderúrgicos cumplen con la categoría 150, tanto por resistencias mecánicas como por todos conceptos, según la Propuesta y según el Pliego. El 83 %, como mínimo, cumple con la categoría 250 en las mismas condiciones.

6.ª El 25 % de los cementos naturales ensayados cumplen con la categoría NR-20 y el 25 % con la NL-30, tanto según la Propuesta como según el Pliego.

Por vía de orientación, y según las conclusiones que sacan de sus numerosos ensayos, algunos de los miembros de la Comisión que redactó la Propuesta de nuevo Pliego, la categoría P-150 equivale a lo que siempre se ha considerado como cemento Portland normal y corriente; la categoría P-250 equivale a los hasta ahora considerados como supercementos; la categoría P-230 es nueva y superior a las anteriores.

Sin embargo, en este criterio no parece haber unanimidad.

Está claro que todas las muestras de los cementos actuales recibidos para estudio rebasan la resistencia de 280 kg del Pliego antiguo, puesto que prácticamente el 100 % de ellos cumplen o pueden cumplir sobradamente con la categoría P-150.

Un elevado tanto por ciento de ellos cumple también o puede cumplir con la categoría P-250, rebasándola ampliamente.

La máxima categoría actual es satisfecha por cerca de la mitad de los cementos ensayados.

Son de destacar las elevadísimas finuras expresadas en superficie específica Blaine que se han observado, en general, en todas las muestras de todos los cementos ensayados.

Esto explica, en muchos casos, las resistencias obtenidas con cementos cuyo contenido de silicato tricálcico es bajo, es decir, con relativamente escaso grado de saturación o standard de cal.

Muy notorio es también el hecho de que los contenidos de aluminato tricálcico de los cementos estudiados son bajos, si nos atenemos a la cifra media del 14 % que hasta hace poco se observaba en muestras cogidas más o menos al azar.

Esto explica, en parte, el buen comportamiento de los cementos frente al ensayo de expansión en autoclave.

En definitiva, los resultados de los ensayos efectuados por el Instituto con arreglo al nuevo Pliego sobre los cementos actuales enviados por las fábricas, ponen de relieve una realidad muy halagüeña: la de que en España se pueden producir buenos cementos y algunos de excelente calidad, lo cual es motivo de congratulación.

Concluida la disertación del señor Calleja intervinieron en la discusión los señores Uría (cuya charla transcribimos a continuación), López Soler, Del Campo, Serratosa, García de Paredes, Arteaga, Torroja, Muñiz, Sarabia y Escobar, llegándose a la conclusión de que los directores y técnicos de fábricas de cemento acuerdan por unanimidad alentar al I. T. C. C. en las gestiones entabladas para que la redacción última y definitiva del Pliego de Condiciones responda a una realidad y cumpla el cometido para el que fué redactado. Las gestiones se encaminan principalmente a aclarar los problemas relacionados con la proporción de aluminato tricálcico y residuo insoluble y con la fórmula de actividad puzolánica de los cementos puzolánicos.

CUADRO 37

CEMENTOS ENSAYOS		PORTLAND (42)	SIDERURGICOS (6)	NATURALES (8)
Físicos				
Agua de amasado (%)		24,0-30,5 (27,0)	26,5-29,0 (27,8)	27,0-40,0 (35,7)
Principio y fin de fraguado ...		100 %	100 %	P: 50% NR; 50 % NL P: 50% NR; 50 % NL
Peso específico real		97,5 %	100 %	—
Finura 900 mallas/cm ²		—	—	75 %
Finura 4.900 mallas/cm ²		100 % (P-150) 97,5 % (P-250) 50 % (P-350)	100 % (PS-250)	100 %
Superficie específica Blaine... ..		2.890-5.670 (3.670).	3.380-4.405 (3.800)	3.875-6.725 (5.730)
Estabilidad (galletas)		100 %	100 %	100 %
Expansión en autoclave		A. S. T. M. 83,5; B. O. 93 %	100 %	25 % de NR; 75 % de P
Calor de hidratación 7 días.		19-104	55-78	15-55
Calor de hidratación 28 días.		21-120	57-78	15-58
Mecánicos				
Resistencias:				
<i>Flexotracción</i> 3 días		76 % (P-350)		
7 días		100 % (P-150) 95 % (P-250)	100 % (150) 100 % (250)	
28 días		71,5 % (P-350) 97,5 % (P-150) 85,5 % (P-250) 52,5 % (P-350)	100 % (150) 83 % (250)	
<i>Compresión</i> 3 días		55 % (P-350)		
7 días		100 % (P-150) 93 % (P-250) 40,5 % (P-350)	100% (150) 83 % (250)	25 % NR (NR-20); 25 % (NL-30)
28 días		100 % (P-150) 90,5 % (P-250) 43 % (P-350)	100% (150) 100 % (250)	25 % NR (NR-20); 25 % (NL-30)
Químicos				
Composición química MgO		100 % (P-150-250-350) 95 % (PAS-150)	100 % (250)	—
SO ₃		100 % (P-150-250-350) 76 % (PAS-150)	100 % (250)	—
PF... ..		85,5 % (P-150-250) 78,5 % (PAS-150) (P-350)	100 % (250)	—
RI... ..		88 % (P-150-250-350) 71,5 % B. O.	100 % (250)	—
CaO		55 % (PAS-150) 88 % B. O.	50 % (SC-150)	—
Composición potencial C ₂ S		76,0 % (P-350: presas) 75,5 % (PAS-150)	—	—
C ₁ A		97,5 % (P-350) (100 % con au- toclave) 2,5 (PAS-150)	—	—

CUADRO 38

		PROPUESTA I. T. C. C.		PLIEGO B. O.	
		Por todos conceptos	Por resistencias	Por todos conceptos	Por resistencias
Portland	P-350	40,5 %	40,5 %	40,5 %	40,5 %
	P-250	85,5 %	85,5 %	71,5 %	85,5 %
	P-150	85,5 %	97,5 %	85,5 %	97,5 %
	PAS-150	2,5 %	97,5 %	2,5 %	97,5 %
Siderúrgicos	250	83 %	83 %	83 %	83 %
	150	100 %	100 %	100 %	100 %
Naturales	NR-20	—	25 %	—	25 %
	NL-30	—	25 %	—	25 %