

## APÉNDICE 2.º

---

### PLIEGO GENERAL DE CONDICIONES PARA LA RECEPCION DE LOS AGLOMERANTES HIDRAULICOS EN LAS OBRAS DE CARACTER OFICIAL

(Aprobado por R. O. de 25 de febrero de 1930.)

#### CAPITULO PRIMERO

##### Cemento Portland.

Artículo 1.º *Definición.*—Se aplica la denominación de cemento Portland al producto reducido a polvo fino, que se obtiene por la calcinación, hasta un principio de fusión, de mezclas muy íntimas, artificialmente hechas y convenientemente dosificadas, de materias calizas y arcillosas, sin más adición que la de yeso, que no podrá exceder del tres por ciento (3 por 100).

Artículo 2.º *Composición química.*—El peso de la materia insoluble en ácido clorhídrico diluído será inferior al uno y medio por ciento (1,5 por 100).

No se considerará como insoluble la sílice gelatinosa que pudiera producirse.

El cociente de dividir el tanto por ciento en peso de la cal por la suma de los tantos por ciento en peso de sílice, alúmina y óxido férrico ha de quedar comprendido entre uno con ocho décimas (1,8) y dos con tres décimas (2,3).

El cociente de dividir el tanto por ciento de la sílice por el tanto por ciento en peso de la alúmina no ha de resultar inferior a dos y medio (2,5). Las cantidades en peso de magnesia y anhídrido sulfúrico no excederán del cinco por ciento (5 por 100) y dos y medio por ciento (2,5 por 100), respectivamente, ni la suma de ambas cantidades del seis y medio por ciento (6,5 por 100).

El azufre total no excederá del uno y veinticinco centésimas por ciento (1,25 por 100).

La cantidad de agua del cemento no excederá del dos por ciento (2 por 100) en peso, ni la pérdida de peso por calcinación será mayor del cuatro por ciento (4 por 100).

La toma de muestras y su envío al Laboratorio oficial se verificará dentro de un plazo de quince días de la fecha de la entrega.

Artículo 3.º *Finura de molido*.—Los residuos máximos en peso del cernido del cemento serán los siguientes:

Sobre el tamiz de novecientas mallas (900) por centímetro cuadrado, uno por ciento (1 por 100).

Sobre el tamiz de cuatro mil novecientas mallas (4.900) por centímetro cuadrado, dieciséis por ciento (16 por 100).

Artículo 4.º *Densidad real*.—La densidad real del cemento desecado será igual o superior a tres y cinco centésimas (3,05).

Artículo 5.º *Fraguado*.—El fraguado de la pasta normal de cemento conservado en agua dulce no empezará antes de cuarenta y cinco minutos (45), contados desde que se principió a amasar, y terminará antes de las doce horas (12), a partir del mismo momento.

Artículo 6.º *Estabilidad de volumen*.—La pasta normal de cemento tendrá un volumen constante, propiedad que se comprobará con el examen de galletas conservadas en el aire, en el agua dulce y sometidas a la acción del agua hirviendo.

Artículo 7.º *Resistencias*.—*Resistencias por tracción*.—Las resistencias mínimas de las probetas en forma de ocho, hechas con mortero compuesto de una parte en peso de cemento y tres de arena normal, serán las siguientes:

A los siete días (7), uno (1) en aire húmedo y seis (6) en agua dulce, diecinueve (19) kilogramos por centímetro cuadrado.

A los veintiocho días (28), uno (1) en aire húmedo y veintisiete (27) en agua dulce, veintitrés kilogramos y medio (23,5) por centímetro cuadrado.

*Resistencia por compresión*.—Las resistencias mínimas de las probetas en forma cúbicas hecha con mortero compuesto de una parte de cemento y de tres de arena normal, en peso, serán las siguientes:

A los siete días (7), uno (1) en aire húmedo y seis (6) en agua dulce, ciento noventa (190) kilogramos por centímetro cuadrado.

A los veintiocho días (28), uno (1) en aire húmedo y veintisiete (27) en agua dulce, doscientos ochenta (280) kilogramos por centímetro cuadrado.

## CAPITULO II

**Cementos de gran resistencia.**

## CEMENTOS ALUMINOSOS

Se llama cemento aluminoso al obtenido por la cocción de una mezcla íntima de la que son elementos esenciales la bauxita y el carbonato de cal, siempre que en el producto resultante la cantidad de alúmina sea inferior al cuarenta (40) por ciento y superior al treinta (30), y la de óxido de hierro no exceda del dieciocho (18) por ciento.

Artículo 8.º *Finura de molido.*—Dejará un residuo de cinco décimas (0,5) por ciento en el tamiz de novecientas (900) mallas, y menos del seis (6) por ciento en el de cuatro mil novecientas (4.900) mallas.

Artículo 9.º *Peso específico real.*—Será superior a tres con cinco centésimas (3,05).

Artículo 10. *Fraguado.*—No empezará antes de los treinta (30) minutos, ni terminará después de las cuatro (4) horas de amasado.

Artículo 11. *Estabilidad de volumen.*—Las galletas fabricadas con pasta pura, con la dosificación de agua suficiente determinada por ensayos previos, no acusarán grietas superficiales después del fraguado.

Artículo 12. *Resistencias.*—Con probetas en forma de ocho fabricadas con pasta pura, la tracción media en series de seis probetas no será inferior a veintiocho (28) kilogramos por centímetro cuadrado a las veinticuatro (24) horas, y llegará a sesenta (60) kilogramos por centímetro cuadrado a los tres días.

En hormigones compuestos de gravilla comprendida entre uno (1) y dos (2) centímetros y arena silíceo de grano comprendida entre uno (1) y uno y medio (1,5) milímetros, dosificando a razón de ochocientos cuarenta (840) litros de gravilla, cuatrocientos (400) litros de arena, trescientos (300) kilogramos de cemento y ciento treinta (130) litros de agua, formando probetas cúbicas de veinte (20) centímetros de arista, comprimidas con treinta (30) golpes de maza de cinco (5) kilogramos de peso, cayendo de veinte (20) centímetros de altura, la resistencia a la compresión deberá exceder a las siguientes cifras:

A las veinticuatro horas, 220 kilogramos por centímetro cuadrado.

A los veintiocho días, 230 kilogramos por centímetro cuadrado.

## CAPITULO III

**Supercementos.**

Se llama supercemento al cemento de gran resistencia inicial, que contiene los elementos esenciales del cemento Portland, en proporciones que pueden variar de aquéllos, siempre que las substancias nocivas (azufre, magnesia y anhídrido sulfúrico) no excedan de los límites admitidos para el portland, y que las adiciones, si las tuviere, no excedan del seis (6) por ciento.

Artículo 13. *Finura de molido*.—Dejará un residuo máximo de cinco décimas (0,5) por ciento en el tamiz de novecientas (900) mallas y un seis (6) por ciento en el de cuatro mil novecientas (4.900) mallas.

Artículo 14. *Peso específico real*.—Será superior a tres con cinco centésimas (3,05).

Artículo 15. *Fraguado*.—No deberá empezar antes de los treinta (30) minutos de amasado, ni terminará después de las diez (10) horas.

Artículo 16. *Estabilidad de volumen*.—La pasta normal de cemento tendrá volumen constante, propiedad que se compondrá por las galletas fabricadas al aire y sometidas a la acción del agua hirviendo.

Artículo 17. *Resistencias*.—La resistencia a la tracción sobre morteros 1 : 3 con arena silícea de 1 mm. a 1,5 mm., alcanzará las siguientes cifras:

A los tres días, 25 kilogramos por centímetro cuadrado.

A los siete días, 30 kilogramos por centímetro cuadrado.

A los veintiocho días, 38 kilogramos por centímetro cuadrado.

A la compresión las resistencias serán:

A los tres días, 250 kilogramos por centímetro cuadrado.

A los siete días, 350 kilogramos por centímetro cuadrado.

A los veintiocho días, 450 kilogramos por centímetro cuadrado.

En hormigones, sobre cubos de veinte (20) centímetros de arista, dosificados con cuatrocientos (400) litros de arena silícea de 1 a 1,5 mm., ochocientos cuarenta (840) litros de gravilla redondeada de 1 a 2 cm., ciento treinta (130) litros de agua y trescientos (300) kilogramos de cemento, después de comprimir la masa por medio de una maza de cinco (5) kilogramos cayendo de veinte (20) centímetros de altura sobre una chapa que tape la probeta, dando veinte (20) golpes, la resistencia deberá alcanzar los siguientes valores:

A los dos días, 180 kilogramos por centímetro cuadrado.

A los siete días, 230 kilogramos por centímetro cuadrado.

## CAPITULO IV

## Cementos de escorias.

El cemento de escorias es un producto hidráulico obtenido por la molienda de escoria granulada de alto horno y de un mínimo de un quince (15) por ciento en peso de clinker de cemento Portland, siendo ambos productos molidos simultáneamente para conseguir una mezcla íntima.

La relación entre los elementos componentes deberá cumplir la siguiente desigualdad:

$$\frac{\text{Ca O} + \text{Mg O}}{\text{Si O}_2 + \frac{1}{3} \text{Al}_2 \text{O}_3} > 1$$

Las adiciones para regular el fraguado no excederán del tres (3) por ciento del peso.

Artículo 18. *Finura de molido*.—Deberá dejar un residuo inferior al uno (1) por ciento en el tamiz de novecientas (900) mallas y menos de doce (12) por ciento en el de cuatro mil novecientas (4.900) mallas.

Artículo 19. *Peso específico real*.—Será mayor de tres con cinco centésimas (3,05).

Artículo 20. *Fraguado*.—No debe comenzar antes de una hora ni terminar después de las doce horas, a partir del momento de amasado.

Artículo 21. *Estabilidad de volumen*.—Lo mismo que el portland, o sea: con la pasta normal se forman sobre placas de cristal perfectamente limpias tres galletas de unos 10 centímetros de diámetro con 15 milímetros de espesor en el centro y nulo en los bordes.

Una de las galletas se conserva en aire húmedo; otra, a las veinticuatro horas, se sumerge en agua dulce, y la tercera se somete a la acción del agua caliente, cuya temperatura se eleva hasta cien (100) grados centígrados durante media hora y se mantiene después en este calor durante dos horas y media.

Las dos primeras galletas se observan a los siete y a los veintiocho días, anotándose todas las deformaciones que presenten.

Cuando el resultado del ensayo en agua caliente es satisfactorio, se dará por bueno el cemento; en el caso de que el resultado fuese nulo, todavía no se desechará el cemento, esperando el que dé la prueba en frío, que será la definitiva.

Durante la fabricación de las galletas y durante su conservación, las temperaturas del aire y el agua estarán comprendidas entre quince (15) y dieciocho (18) grados centígrados, el ambiente será húmedo y no habrá corrientes de aire.

Artículo 22. *Resistencias*.—En mortero uno por tres (1 por 3), la resistencia a la tracción será superior a diecisiete (17) kilogramos por centímetro cuadrado a los siete (7) días y veinte (20) kilogramos por centímetro cuadrado a los veintiocho (28) días.

A la compresión, el mortero uno por tres (1 por 3) deberá dar ciento setenta (170) kilogramos por centímetro cuadrado a los siete (7) días y doscientos diez (210) kilogramos por centímetro cuadrado a los veintiocho (28) días.

## CAPITULO V

### Cementos puzolánicos.

Artículo 23. *Definición*.—Se llama cemento puzolánico al que se forma al añadir al Portland una puzolana.

El Portland ha de tener las cualidades que para él se determinan en este pliego.

La puzolana tendrá las que se señalan a continuación:

Artículo 24. *Puzolana*.—Se considera como puzolana, a los efectos de este pliego, a todo producto, natural o artificial, que, mezclado con la cal grasa, forma compuestos hidráulicos.

Artículo 25. *Molido*.—El cemento puzolánico tendrá el mismo grado de finura que el Portland.

Artículo 26. *Estabilidad de volumen*.—La estabilidad de volumen se ajustará a las prescripciones fijadas en este pliego para el Portland.

Artículo 27. *Resistencias*.—No bajarán de las del Portland, rebajadas en un veinte (20) por ciento.

Artículo 28. *Inalterabilidad*.—Se medirá la cantidad de cal libre que existe en el cemento, la cual deberá disminuir progresivamente de tal modo que al cabo de un mes quede menos de un treinta (30) por ciento.

## CAPITULO VI

### Cementos Zumaya.

Artículo 29. *Definición*.—Se llama cemento Zumaya, o simplemente Zumaya, al cemento natural de fraguado rápido obtenido por la calcinación de margas, sin adición de materiales en crudo ni en frío, y que son análogos a los fabricados en la región cementera de Zumaya.

Este cemento, que tomamos como tipo, se describe así:

Se obtiene por la calcinación de margas, cuya composición es la siguiente: Sílice, de 17,5 a 23 por 100.

Oxido férrico, de 1,5 a 3 por 100.

Alúmina, de 6,5 a 11 por 100.

Cal, de 33,5 a 37 por 100.

Magnesia, de cero a 1,5 por 100.

Estas margas se calcinan con lignitos incorporados al material de origen en una proporción de trescientos (300) a trescientos cincuenta (350) kilogramos por tonelada de cemento producido, siendo la composición del combustible la siguiente:

*Análisis inmediata:*

Humedad, de 2,30 a 5,50 por 100.

Volátiles, de 6 a 13 por 100.

Cenizas, de 66 a 71 por 100.

Carbono fijo, de 15 a 21 por 100.

Potencia calorífica, de 1.400 a 1.650 calorías.

*Análisis elemental:*

Carbón fijo, de 15 a 21 por 100.

Hidrógeno, de 1 a 1,50 por 100.

Nitrógeno, de cero a 1 por 100.

Azufre, de cero a 3,80 por 100.

Oxígeno, de 4,50 a 6 por 100.

El lignito utilizado como combustible incorpora al cemento sus cenizas puzolánicas de la siguiente composición:

Sílice, 45 a 58 por 100.

Alúmina, 20 a 30 por 100.

Oxido férrico, 9 a 13 por 100.

Cal, 5 a 8 por 100.

Magnesia, cero a 1,75 por 100.

Otros álcalis, cero a 2 por 100.

Anhídrido sulfúrico, de cero a 5 por 100.

Artículo 30. *Análisis químico.*—El cemento de Zumaya no contendrá más del 3,5 por 100 de anhídrido sulfúrico, ni una cantidad de magnesia superior a 1,5 por 100, y la pérdida al fuego no excederá de 10 por 100.

Artículo 31. *Fraguado y variación de volumen.*—El fraguado del Zumaya empezará de tres (3) a quince (15) minutos y terminará de cinco (5) a veinticinco (25) minutos. Este cemento se someterá a las mismas pruebas en frío que el Portland, para medir la variación de volumen, y no ha de acusar variación en un plazo de siete (7) días.

Artículo 32. *Molido.*—En el cedazo de trescientas veinticuatro (324) mallas dejará un residuo menor del cuatro (4) por ciento.

En el de novecientas (900) mallas el residuo será menor del diecisiete (17) por ciento.

En el de cuatro mil novecientas (4.900) mallas el residuo no excederá del treinta y cuatro (34) por ciento.

Artículo 33. *Resistencias*.—Las probetas, tanto para la tracción como para la compresión, serán de las dimensiones corrientes utilizadas en el Portland, pero tan sólo con pasta normal, fabricada con cincuenta (50) por ciento de agua.

Las probetas para hallar la resistencia en el agua estarán el primer día en el aire y después se sumergirán en agua dulce, sujetándose a las mismas condiciones de temperatura, presión y humedad que para el Portland.

Sólo se harán pruebas a los siete (7) y a los veintiocho (28) días.

*Resistencias mínimas a la tracción en el aire (pasta pura):*

A los siete días, 8 kilogramos.

A los veintiocho días, 10 ídem.

*Resistencias mínimas a la tracción en el agua (pasta pura):*

A los siete días, 6 kilogramos.

A los veintiocho días, 8 ídem.

*Resistencias mínimas a la compresión en el aire (pasta pura):*

A los siete días, 35 kilogramos.

A los veintiocho días, 40 ídem.

*Resistencias mínimas a la compresión en el agua (pasta pura):*

A los siete días, 30 kilogramos.

A los veintiocho días, 35 ídem.

### **Disposiciones generales.**

Las condiciones de este pliego serán siempre preceptivas en las obras de carácter oficial, mientras no sean modificadas de un modo explícito y terminante por el pliego de condiciones particulares, que en este caso habrá de ser aprobado con los requisitos siguientes:

1.º Que en la Memoria del proyecto se haya justificado debidamente la necesidad de la excepción que se proponga.

2.º Que sobre ella haya informado el Consejo de Obras públicas.

Todos los ensayos necesarios para comprobar si un cemento determinado satisface o no las condiciones consignadas en este pliego se realizarán con estricta sujeción a las instrucciones que se expresan al final del mismo.

Los ensayos que se indican en los artículos 3.º, 5.º, 6.º y los de siete días del artículo 7.º se harán en obra, y su resultado será suficiente para rechazar el cemento y también para recibirlo si la fábrica está sometida a la inspección oficial.

En casos de disconformidad entre receptor y suministrador, se practicarán los ensayos completos por el Laboratorio de la Escuela de Caminos.

#### PROCEDIMIENTO PARA TOMAR LAS MUESTRAS

Las muestras para hacer los ensayos se tomarán de varios barriles o sacos de los que constituyen la partida y se mezclarán todas muy íntimamente, para formar una sola muestra de calidad media, que será la que se ensaye. Además se recomienda un ensayo independiente de algunas de las muestras parciales.

Al tomar las muestras se procurará no tomar el material en contacto con las superficies de los envases.

El cemento debe enviarse en envases que le preserven de la humedad.

#### PRUEBAS

Las pruebas preceptivas en obra terminarán antes de transcurrir los veinte días de haberse entregado el cemento, y consistirán estas pruebas en ensayo de cernido, estabilidad de volumen, fraguado y resistencia a la tracción a los siete días. Las demás pruebas se efectuarán en el Laboratorio oficial.

Los cementos blancos y los de colores crema, rosa, etc., que se emplean por esta cualidad en fines decorativos, no se considerarán como cementos Portland y no podrán, por consiguiente, emplearse con este nombre en las obras a que se refiere el presente pliego.

#### Instrucciones.

#### ANÁLISIS QUÍMICA

*Sílice y materia insoluble.*—Dos gramos del cemento previamente desecado a 110° centígrados se colocan en una cápsula de platino, se agrega agua destilada y 20 centímetros cúbicos de ácido clorhídrico y se calienta suavemente hasta que el ataque sea completo, lo cual se favorece agitando con una varilla de vidrio de punta redondeada. Se evapora hasta sequedad en baño de arena, cuidando de que la temperatura no pase de 140° centígrados. El residuo de la evaporación a sequedad se retira, se deja enfriar y se añaden 20 centímetros cúbicos de ácido clorhídrico diluidos en doble o triple volumen de agua destilada, y se vuelve a evaporar a sequedad, con las precauciones indicadas. Terminada esta segunda evaporación y frío el contenido, se humedece éste con ácido clorhídrico concentrado, y algunos minutos después se agrega agua destilada, se calienta, se deja enfriar, se filtra y lava el precipitado en la cápsula y en el filtro, hasta que unas gotas de

agua del lavado, recogidas en una cucharilla de platino y evaporadas a sequedad, no deejn mancha alguna.

El filtro y su contenido se colocan en un crisol de platino tarado, se seca, se calcina en la mufla y se pesa. Restando del peso obtenido el de las cenizas del filtro, tendremos el peso correspondiente a la sílice activa o soluble, más el residuo insoluble. La calcinación se repite hasta obtener un peso constante.

Calcinado y pesado el residuo insoluble más la sílice, se hace la separación tratando el calcinado por 10 centímetros cúbicos de ácido fluorhídrico y cuatro gotas de ácido sulfúrico; se evapora hasta sequedad con calor suave, se calcina en el soplete de gas durante dos minutos, se enfría y se pesa; lo que queda en la cápsula es el residuo insoluble, y la diferencia entre el peso obtenido antes y este último es el peso de la sílice activa o soluble.

Se puede determinar también el residuo insoluble tratando un gramo del cemento por un poco de agua y 10 centímetros cúbicos de ácido clorhídrico hasta que el ataque sea completo; se filtra y lava el filtro, primero con una disolución al 3 por 100 de potasa hirviendo, para disolver la pequeña cantidad de sílice que haya podido agregarse, y después con agua destilada y caliente.

*Alúmina y óxido férrico.*—El líquido que se obtiene al recoger la sílice más la materia insoluble se divide en dos partes iguales: en una de ellas se determina la alúmina y el óxido férrico juntos, y en la otra, este último; por diferencia se obtiene la alúmina.

La operación se lleva paralela y separadamente en ambos líquidos.

Reducidos éstos a unos doscientos centímetros cúbicos, se añaden unas gotas de ácido nítrico, y muy lentamente amoniaco concentrado, hasta que la reacción sea básica, y se hierven hasta que se desprenda el exceso de amoniaco.

Los precipitados de hidrato de hierro y alúmina se recogen en los filtros, que se lavan perfectamente. Cuando se desea gran precisión se disuelven nuevamente en ácido clorhídrico y se vuelven a precipitar los óxidos como se ha dicho.

El precipitado de uno de los filtros se deseca, se calcina en un crisol de porcelana en la mufla y se pesan juntos los dos óxidos de hierro y de aluminio.

El precipitado contenido en el otro filtro se disuelve en unos centímetros cúbicos de ácido sulfúrico; se añaden cien centímetros cúbicos de agua y 10 gramos de zinc puro, y se calienta hasta que la reducción del sulfato férrico sea completa; se filtra sobre lana de vidrio, se lava bien con agua y se dosifica el hierro con una solución de permanganato potásico, valorada de modo que un centímetro cúbico represente menos de cuatro miligramos de óxido férrico.

*Cal.*—Al líquido procedente de la separación de los hidratos de hierro y aluminio reunidos se le agrega unas gotas de amoniaco, y cuando está hirviendo se trata con 40 centímetros cúbicos de una solución saturada de

oxalato amónico, sin interrumpir la ebullición mientras el precipitado no adquiriera la forma granular perfectamente definida, y se le deja reposar hasta que todo él se acumule en el fondo de la cápsula; se filtra, se lava y se calcina el filtro y el precipitado al soplete de gas u otro medio, a unos 1.000° centígrados; se enfría en un desecador y se pasa. Conviene repetir la calcinación para comprobar hasta obtener un peso constante.

También se debe comprobar en el líquido si toda la cal está precipitada, añadiendo unas gotas de oxalato amónico.

*Magnesia.*—El líquido filtrado, al separar la cal, se concentra en baño de maría hasta formar un volumen de 200 centímetros cúbicos, y se añaden 20 centímetros cúbicos de amoníaco y 15 de una solución saturada de fosfato amónico, y se agita con una varilla de vidrio hasta que aparezca el precipitado. Se deja reposar unas doce horas y se filtra, lavando el precipitado; se seca, se calcina el soplete, se enfría y se pesa el pirofosfato magnésico, cuyo peso, multiplicado por 0,3663, nos da la magnesia.

*Potasa y sosa.*—No se hará la determinación cuantitativa de estas bases, a no ser que la suma de los demás elementos difiera mucho de ciento. En este caso se determinaría por el procedimiento Lawrence, con o sin la adición de carbonato cálcico y de cloruro amónico.

*Anhídrido sulfúrico.*—Se aprovecha para su determinación uno de los líquidos que se obtuvieron al precipitar los hidratos de hierro y aluminio, que no se han utilizado. Este líquido se hierve, se añaden lentamente 10 centímetros cúbicos de una solución saturada de cloruro bórico, se continúa la ebullición hasta la precipitación completa del sulfato bórico, se lava, se calcina en la mufla y se pesa. El peso del sulfato bórico, multiplicado por 0,3433, nos da el anhídrido sulfúrico.

*Azufre total.*—Se toma un gramo de cemento desecado y se funde con carbonato sódico y nitrato potásico en un crisol de platino, procurando que los productos de la combustión del gas, caso de emplearse éste, no se incorporen a la masa fundida, para lo cual es muy conveniente colocar el crisol sobre un agujero hecho en un cartón de amianto. Conseguida la fusión, se enfría el crisol rápidamente en agua fría y se vierte su contenido en una cápsula de porcelana, añadiendo agua hirviendo; se acidula con ácido clorhídrico y se separa la sílice y materia insoluble, como ya se ha dicho. El líquido filtrado se trata por unos 20 centímetros cúbicos de cloruro bórico, se hierve y se recoge el azufre en el estado de sulfato bórico. Este peso, multiplicado por 0,1373, nos da el azufre total.

*Pérdida al fuego.*—Un gramo de cemento se coloca en un crisol de platino, se calcina en el soplete de gas durante quince minutos; se pesa, se vuelve a calcinar durante quince minutos y se pesa de nuevo; la diferencia entre este último peso y el primitivo es la pérdida al fuego. Es muy conveniente que la llama del soplete esté inclinada con relación al crisol y que éste se coloque sobre un agujero hecho en un cartón de amianto.

*Finura de molido.*—Para determinar la finura del molido de los cementos se emplean los tres cedazos siguientes:

1.—Con 324 mallas por centímetro cuadrado y formado con hilos de 0,20 milímetros, que corresponde, aproximadamente, a la tela metálica del número 50.

2.—Con 900 mallas por centímetro cuadrado y formado con hilos de 0,15 milímetros, que corresponde a la tela metálica del número 80, aproximadamente.

3.—Con 4.900 mallas por centímetro cuadrado y formado con hilos de 0,05 milímetros, que corresponde, aproximadamente, a la tela metálica del número 190.

Para hacer el ensayo se colocan 100 gramos de cemento desecado sobre el cedazo de 324 mallas, debajo del cual están los otros dos en el orden antes citado; se tapa el primero y se toma con la mano izquierda la caja que contiene los tres cedazos, procurando que su posición sea algo inclinada; se le da un movimiento de vaivén al mismo tiempo que se golpean los costados con la otra mano, a razón de 200 sacudidas por minuto; la operación se considera terminada cuando la diferencia entre dos pesadas consecutivas de los residuos correspondientes a cada cedazo es inferior a 0,1 por 100.

*Densidad real.*—Como esta propiedad de la materia tiene un carácter absoluto, no hay razón alguna para preferir un procedimiento a otro, con tal que la primera cifra decimal del resultado sea exacta y la segunda se obtenga con un error menor de dos unidades.

En el Laboratorio Central se emplea el volumenómetro "Schumann", operando con 40 gramos del producto que se ensaya y con bencina pura.

*Fraguado.*—La duración del fraguado de los cementos lentos se refiere a la pasta normal de estos productos, definida por su consistencia, con arreglo a ciertas reglas y convenios previamente establecidos.

Para determinar la cantidad de agua correspondiente a la pasta normal se toma un kilogramo de aglomerante, se le extiende sobre una mesa de mármol o pizarra, formando una corona, dentro de la cual se vierte de una vez toda el agua que se juzga necesaria; se amasa durante cinco minutos, y con parte de la pasta obtenida se llena un molde de forma tronco-cónica, con cuatro centímetros de altura, y cuyas bases tienen ocho y nueve centímetros de diámetro, respectivamente; la inferior, que es la menor, se coloca sobre una placa de cristal perfectamente limpia; después de lleno el molde con un exceso de pasta, se enrasa la base superior del tronco o cono así formado con un cuchillo que se hace deslizar sobre los bordes de aquél.

Inmediatamente se hace penetrar en la probeta, normalmente a su base superior, con lentitud y con mucho cuidado, una sonda cilíndrica de un centímetro de diámetro y cargada con 300 gramos; la sonda ha de estar pulimentada, ha de terminar por una sección plana y normal a su eje y ha de limpiarse con todo esmero antes de operar con ella.

Cuando el espesor de pasta que queda entre el extremo de la sonda y la base inferior de la probeta, en el momento de detenerse aquéllas, es de seis

milímetros, la pasta tiene su consistencia normal; cuando es mayor o menor, se repite la operación aumentando o disminuyendo la cantidad de agua tantas veces cuantas sean necesarias para conseguir una pasta en la que penetre la sonda 34 milímetros.

El principio y fin del fraguado se determinan con la aguja de "Vicat", aparato constituido por una sonda cilíndrica de metal pulimentado, limpia, seca y terminada por una sección recta y lisa de un milímetro cuadrado de superficie (1,13 mm. de diámetro), cargada con un peso de 300 gramos.

El ensayo se hace con una probeta de pasta normal, preparada con el molde tronco-cónico antes descrito, sumergiendo éste con aquélla en agua dulce tan pronto como se ha enrasado su base superior.

A intervalos iguales de tiempo, cuya duración depende de la clase de producto que se ensaya, se saca del agua el molde con la probeta que contiene; se colocan debajo de la aguja "Vicat", se anota lo que penetra la sonda en aquélla cuando se la permite descender con mucha suavidad, para que no adquiera velocidad, y se sumergen de nuevo en agua dulce el molde con la probeta. Se dice que empieza el fraguado cuando la sonda no atraviesa por completo a la probeta, y que termina cuando la huella que produce en la base superior de la misma es inferior a un milímetro. El molde con la probeta estarán fuera del agua el tiempo estrictamente necesario para hacer los ensayos.

Los tiempos que transcurren hasta el principio y el fin del fraguado se cuentan desde el instante en que empieza el amasado de la pasta.

Tanto la temperatura del local como la del agua con que se fabrica la pasta y la que sirve para conservarla, estarán comprendidas entre los 15 y los 18° C.

Se entenderá por agua dulce la que, siendo perfectamente clara y transparente, tiene un grado hidrométrico inferior a cinco en la escala de Boutron y Boudet.

*Estabilidad de volumen.*—Los ensayos para comprobar la estabilidad de volumen de los cementos se hacen de la manera siguiente:

Con la pasta normal se forman sobre placas de cristal perfectamente limpias tres galletas de unos 10 centímetros de diámetro, con 15 milímetros de espesor en el centro y nulo en los bordes.

Una de las galletas se conserva en aire húmedo; otra, a las veinticuatro horas, se sumerge en agua dulce, y la tercera se somete a la acción del agua caliente, cuya temperatura se eleva hasta 100° C. durante media hora, y se mantiene después en este calor durante dos horas y media.

Las dos primeras galletas se observan a los siete y a los veintiocho días, anotándose todas las deformaciones que presentan.

Cuando el resultado del ensayo en agua caliente es satisfactorio se dará por bueno el cemento; en el caso de que el resultado fuese malo, todavía no se desechará el cemento, esperando el que dé la prueba en frío, que será la definitiva.

Durante la fabricación de las galletas y durante su conservación, las temperaturas del aire y del agua estarán comprendidas entre 15 y 18° C., el ambiente será húmedo y no habrá corrientes de aire.

### Resistencias.

*Resistencia por tracción.*—Las probetas con las que se hace este ensayo se fabrican con mortero compuesto de una parte de cemento y tres de arena de Leucate, seca y constituida por los granos que pasen por un cedazo de mallas de milímetro y medio y sean retenidas por otro de mallas de un milímetro.

La cantidad de agua con que se amasan estos morteros se determina con la fórmula siguiente:

$$C = \frac{1}{6} P + 38.$$

$C$  es la cantidad de agua, expresada en gramos, con que se ha de amasar un kilogramo de aglomerante y de arena;  $P$  es el peso, expresado en gramos, del agua que exige un kilogramo de cemento para formar la pasta de consistencia normal tal como se ha definido anteriormente.

Para fabricar las probetas se mezclan en seco el cemento y la arena todo lo más íntimamente posible; se forma con la mezcla una corona, en cuyo centro se vierte de una vez todo el agua necesaria, y se amasa con una espátula durante dos minutos; esta operación se hace sobre una tabla de mármol o de pizarra dura.

La mezcla así obtenida se coloca en la amasadora tipo Steinbruck, dando 25 vueltas, y de ella se vacía en los moldes de forma de ocho colocados en el martinete "Bohme Martens", dando a la pasta 150 golpes, y se enrasa. A las veinticuatro horas se efectúa el desmolde y se sumergen las probetas en agua dulce.

El ensayo de resistencia por tracción se hace en seis probetas con el aparato "Michaelis", adoptándose como resultado la media de las cargas de rotura de las cuatro mayores.

*Resistencia por compresión.*—Para las probetas destinadas al ensayo de compresión se adopta la misma forma de fabricación que para las destinadas al ensayo por tracción, teniendo los moldes forma cúbica de 70 milímetros de arista interior.

La temperatura del agua para el amasado y para la conservación de las probetas que se han de romper por tracción y por compresión, así como las del ambiente donde aquéllas se preparan, estará comprendida entre 15 y 18° C.

Para los ensayos de puzolanas habrá que atenerse a lo siguiente:

1.º Se hará un completo reconocimiento, se estudiará el yacimiento desde el punto de vista geológico y se tomarán las muestras que han de someterse a los ensayos que a continuación se indican.

2.º Las muestras que se tomen para los ensayos se secarán a la temperatura de 90º, para que pierdan el agua higrométrica sin perder nada del agua combinada.

3.º Después de secas se pulverizarán, de modo que pase más del 88 por 100 por el tamiz de 4.900 mallas.

4.º Con el polvo así obtenido se formará la mezcla normal de prueba, incorporando íntimamente tres partes en peso de puzolana y una parte en peso de cal grasa completamente apagada. La cal grasa que se emplee para este ensayo ha de tener, por lo menos, un 95 por 100 de óxido de calcio, y se apagará con el agua estrictamente necesaria para que el apagado sea completo, lo que se conocerá cuando no se produzca elevación de temperatura por nueva adición de agua.

5.º La mezcla normal de prueba se amasará con agua dulce, cuya temperatura sea de 12 a 20º, empleando la cantidad de agua necesaria para obtener una pasta de la consistencia plástica normal, tal como se define en el pliego de condiciones para el portland. La pasta así obtenida se echará en un molde de modo que forme una capa que tenga un espesor uniforme de 5 cm., y se someterá a la prueba de fraguado. Para esto se empleará aguja de "Vicat" de 1,66 mm. de diámetro con un peso de un kilogramo, dejándola caer desde una altura de 30 mm. Después de estar la probeta siete días en una atmósfera húmeda y a la temperatura de 12 a 20º, la aguja "Vicat" no deberá penetrar más de 7 mm.

6.º Con la mezcla normal de prueba amasada en la forma indicada en el número anterior se harán probetas iguales a las empleadas para las pruebas de resistencia del cemento. Estas probetas se conservarán durante siete días en una atmósfera de 65º de humedad, a la temperatura ya indicada, y al cabo de ese tiempo se sumergirán en agua dulce. A los veintiocho días después de fabricadas deberán tener una resistencia media a la tracción que no baje de 4 kilogramos por centímetro cuadrado.

7.º La puzolana se analizará químicamente. Sus componentes satisfarán las siguientes condiciones límites:

Sílice total, más del 45 por 100.

Agua combinada, más del 5 por 100.

Acido sulfúrico, menos del 1 por 100.

Alúmina, 14 al 22 por 100.

Cal, menos del 12 por 100.

Las cantidades de sílice, agua combinada y ácido sulfúrico se sujetarán a los datos que preceden. En lo que se refiere a la alúmina, la cal y la magnesia, no se podrán tomar los datos anteriores como decisivos para admitir o rechazar una puzolana.

*Análisis química de los cementos de escoria.*—Como hay que determinar  $Mn O$  y  $S Ca$ , además de todos los componentes que se determinan en el cemento Portland, proponemos la siguiente marcha analítica:

La sílice se determina por el procedimiento empleado corrientemente para otros cementos.

El método seguido para la determinación de  $R^2 O^3$  se modifica con objeto de determinar el  $Mn O$ , para lo cual se toma una cantidad de solución equivalente a medio gramo de cemento, se neutraliza en frío con solución de  $C O^3 Na^2$ , se añaden 15 cc. de solución de acetato amónico al 10 por 100, se diluye con agua hasta 400 cc., se hierve alrededor de un minuto, se retira de la llama y se deja depositar el precipitado; en cuanto la solución está clara, se filtra y lava con agua caliente, a la que se ha añadido un poco de acetato amónico. El precipitado se disuelve en ácido clorhídrico y se vuelve a precipitar con amoníaco y cloruro amónico, según el procedimiento corriente para determinar el  $R^2 O^3$ .

El filtrado se evapora hasta reducir su volumen a unos 400 cc.; se añade agua de bromo hasta coloración parda, y después amoníaco en exceso; se hierve hasta que el precipitado se separa en copos, se filtra y se calcina al estado de  $Mn^3 O^4$ ; se pesa, y multiplicando el peso obtenido por 0,93 tendremos el peso de  $Mn O$ .

En el filtrado anterior se determina la cal por el procedimiento corriente. El  $S O^3$  se obtiene por el procedimiento corriente.

Para obtener el azufre que hay en forma de  $S Ca$ , se trata un gramo de cemento con una solución formada de 50 cc. de agua y 20 cc. de agua de bromo; se le deja un día en reposo, se le añade 10 cc.  $Cl H$  concentrado, se hierve hasta disolución del cemento y expulsión del bromo, se filtra y precipita por el procedimiento corriente, empleando el  $Cl^2 Ba$ . Del peso del precipitado se resta el encontrado para el precipitado procedente del  $S O^3$ , y multiplicando la diferencia por 0,1374 tenemos el peso del  $S$ . Calculado el azufre, se transforma en  $S Ca$ , y el peso de  $Ca$  que entra en la formación del sulfuro de cal debe descontarse de la cal total obtenida para determinar exactamente la  $Ca O$  que tiene el cemento.

Madrid, 3 de marzo de 1930.—Aprobado este pliego general de condiciones por Real orden de 25 de febrero de 1930.—*Gelabert*.