

CONDICIONES QUE DEBEN EXIGIRSE PARA LA RECEPCIÓN DE LOS CEMENTOS

(Continuación.)

Tales ventajas se conseguirían seguramente si en los pliegos de condiciones de obras públicas se exigiesen las que corresponden á cementos de primera calidad, pues es claro que siendo éste el mayor consumo, los fabricantes no tendrían más remedio que hacer sus productos de modo que pudiesen ser admitidos en los trabajos del Estado. El aumento de precio consiguiente á la fabricación más perfecta, estaría más que compensado con la mayor cantidad de arena que podría emplearse por metro cúbico de mortero y con la mayor resistencia y cohesión de éste.

Los cementos artificiales de fraguado rápido se hacen hoy por procedimientos idénticos á los llamados de Portland, consistiendo la diferencia en la dosificación de las partes que han de calcinarse; por lo demás, á una temperatura tan elevada como los de fraguado lento, verificándose el molido y cernido con igual esmero, de modo que el cemento en polvo tiene aspecto idéntico al de Portland, diferenciándose solamente en la rapidez del fraguado, en la elevación de temperatura que acompaña á este fenómeno, y en la mayor resistencia que adquiere en las primeras horas. Las diferencias en la manera de fraguar de ambas clases de cementos se hacen más sensibles cuando se trata de morteros con gran cantidad de arena; en los llamados de Portland se retrasa mucho el endurecimiento, mientras que los de fraguado rápido tardan poco más que si estuviesen puros.

III.

OBSERVACIONES SOBRE EL EMPLEO DE LOS CEMENTOS.

Hay también un medio de hacer que el cemento llamado de Portland frague tan pronto como los artificiales y naturales más rápidos, y puede tener útil empleo cuando se trate de hacer empotramientos ó alguna reparación en que sea esencial conseguir casi instantáneamente una gran resistencia. Para esto basta sustituir el agua con que se apaga el cemento, por una disolución de cloruro de calcio; el fraguado se verifica con rapidez y energía extraordinarias, yendo acompañado de gran elevación de temperatura y algo de aumento de volumen, circunstancia, la última, que le hace muy propio para empotramientos, pues llena perfectamente las cavidades, y como adquiere pronto una gran dureza, las piezas con él sujetas quedan aun mejor que emplomadas, siendo además el procedimiento mucho más barato.

La disolución de cloruro de calcio no es preciso que sea pura; basta que no tenga gran cantidad de ácido libre. Puede obtenerse fácilmente atacando la creta, ó una caliza cualquiera, molida por el ácido clorhídrico; se filtra con arena la disolución y el líquido obtenido tiene una densidad de 30 á 32° Beaumé, que es precisamente la conveniente en la mayor parte de los casos. También puede obtenerse la disolución con cloruro de calcio del comercio. El máximo de resistencia se obtiene cuando se emplea una disolución que marque 30° en el areómetro de Beaumé y la máxima rapidez de fraguado con disoluciones que marquen de 20 á 25°.

Las resistencias llegan á ser muy grandes á las pocas horas, alcanzando hasta 35 kilogramos por centímetro cuadrado á las doce horas con cemento fresco.

La mayor ó menor densidad de la disolución influye como puede verse por los resultados siguientes:

CEMENTO PURO.	AMASADO CON DISOLUCIÓN Á		
	30°	25°	20°
	KILO	KILO	KILO
Resistencia á las doce horas.	35	30	27
» á las veinticuatro horas.	41	33	30
» á las cuarenta y ocho horas.	48	45	37
» á los siete días.	55	52	48
» á los veintiocho días.	58	54	50
» á los tres meses.	64	58	55

Con la disolución á 30° fragua en cinco minutos.—Con las de 20° y 25° en tres minutos.

Un mortero de 1 $\times$ 1 de cemento y arena en peso da los resultados siguientes:

A las doce horas.	12	kilos por centímetro cuadrado.
Á las veinticuatro horas.	16	»
Á las cuarenta y ocho horas.	22	»
Á los tres días.	30	»

Como se ve, estas resistencias son, en general, suficientes, y á menos de necesitar una dureza extraordinaria é inmediata, con una mezcla de 1 de cemento por 1 de arena, de esmeril ó de otra materia apropiada, se hace un mortero ó mastic de gran fuerza. Ha de tenerse en cuenta que al hacer morteros de esta clase, la disolución de cloruro de calcio debe ser tanto menos concentrada cuanto mayor sea la proporción de materia inerte; así, para 1 $\times$ 1 bastará que tenga 25°, y para 1 $\times$ 3, de 10° á 20°. Los resulta-

dos siguientes indican las resistencias obtenidas con agua y disoluciones diversamente concentradas.

MORTERO DE 1 DE CEMENTO POR 3 DE ARENA.

Pruebas de cinco centímetros cuadrados conservadas al aire.

		MORTERO AMASADO			
		Con agua.	Cloruro á 10°.	Cloruro á 20°.	Cloruro á 30°.
<i>Resistencia por cent.²</i>	A los siete días. . .	10 kilos.	25 kilos.	28 kilos.	16 kilos.
	A los veintiocho días.	15 ídem.	28 ídem.	29 ídem.	18 ídem.
	A los tres meses..	21 ídem.	41 ídem.	42 ídem.	31 ídem.

Si el cemento es de fabricación reciente ó ha estado bien conservado en sitio seco y en barriles, el fraguado se verifica á los cinco minutos con disolución de 30° á 32°, y en tres minutos si sólo tiene de 20° á 25°. Para obtener el maximum de resistencia no debe emplearse más de 24 á 30 por 100 de cloruro, según el molido del cemento, y en estas proporciones el fraguado se verifica con tal energía y rapidez, que no puede en general manipularse más de un kilogramo de cemento puro.

Si el cemento es algo viejo ó ha estado mal conservado conviene no emplear la disolución de cloruro muy concentrada; de 20 á 25° Beaumé es la graduación que da mejores resultados.

Las pastas hechas por este procedimiento se reblandean si se sumergen inmediatamente en el agua, pero á las ocho ó diez horas pueden resistir su acción perfectamente. El aire húmedo no ejerce influencia apreciable.

El empleo del cemento de Portland amasado con cloruro de calcio, para empotramientos da los mejores resultados.

Hace poco tiempo se ha usado para asegurar los candeleros de una barrandilla en el dique de Santa Catalina del puerto de Gijón, y con un aumento de coste de 0,05 pesetas por candelero sobre lo que habrá costado empotrarlos con cemento amasado con agua, pero mucho más barato que emplomando, se ha obtenido una resistencia extraordinaria, de que dan exacta idea los experimentos que se hicieron para determinar la fuerza necesaria para arrancar uno de los candeleros.

Con este objeto se empotró en un muro vertical; por lo tanto quedaba horizontal y colocado á una altura conveniente, de modo que podía suspenderse de su extremo una caja de hierro, en la cual se fueron poniendo con cuidado trozos de lingote, hasta producir el desprendimiento de la parte empotrada, ó hasta que el candelero no pudo resistir por flexión cuando

el primer efecto no se producía. Las dimensiones eran las siguientes: Brazo de palanca de la potencia ó peso empleado, un metro; brazo de palanca de la resistencia ó sea de la parte empotrada, 0^m,15.

A las veinticuatro horas la carga necesaria para arrancar el candelero fué de 180 á 220 kilogramos, lo cual representa un esfuerzo sobre la sección empotrada de 11,88 á 14,52 kilogramos por cent²; á los siete días con una carga de 400 kilogramos, que representan 26,40 en el empotramiento, no fué posible notar la más ligera señal de que faltase por esta parte, y tampoco se pudo aumentar la carga, porque el candelero, que era de hierro dulce, no resistía por flexión y se fué doblando hasta que el peso tocó en el suelo. La sección empotrada tenía las dimensiones siguientes: profundidad 0^m,08; ancho 0^m,05 en el fondo y 0^m,035 en la boca; es imposible determinar con exactitud que parte de la resistencia corresponde al esfuerzo por compresión y cuál al de cohesión ó tensión en el cemento, puesto que ambos se combinan en proporciones que no pueden fijarse *á priori* ni *á posteriori*; pero de todos modos las cifras transcritas permiten juzgar de la gran fuerza que tiene el cemento de Portland amasado con cloruro de calcio. Otra prueba la proporciona el uso que se hace en las fábricas de cemento al reparar las piedras que sirven para molerlo; al cabo de una hora las ponen otra vez en servicio y resisten perfectamente, desgastándose mucho menos que el plomo, que antes empleaban con el mismo objeto.

El uso de los cementos de fraguado lento y rápido va extendiéndose de día en día, sobre todo fuera de España; mas para obtener buenos resultados y sacar todo el partido de que es susceptible este material excelente, es preciso emplearlo con ciertas precauciones, que vamos á indicar brevemente.

En primer lugar, debe tenerse muy en cuenta que el empleo de los hormigones hechos con cemento y de las mamposterías y bóvedas con este material, permite obtener fábricas de mucha mayor resistencia, y por lo tanto, resultan más económicas en definitiva que las hechas con morteros de cal grasa. Así, aun en las obras que no están sometidas á la acción del agua, se extiende de día en día el uso del cemento, y con más razón en los países húmedos ó en aquellas partes de las fundaciones que sin estar debajo del agua se hallan en contacto con tierras mojadas una gran parte del año.

La clase de cemento que haya de emplearse, así como las proporciones del mortero, variarán en cada caso particular, pero en todos deben observarse las indicaciones siguientes: Siempre que haya que hacer cantidad de alguna importancia, tanto los morteros como los hormigones se trabajarán mecánicamente, lo cual no es tan caro como generalmente se cree, pues hay aparatos movidos á mano para hacer mortero y hormigón que no

cuestan más que de 300 á 1.000 pesetas, según su tamaño, (que solo necesitan dos ó cuatro hombres para hacer en diez horas cinco veces más que á mano, resultando con una igualdad y perfección que nunca llega á obtenerse manipulando).

La cantidad de agua que haya de emplearse para hacer el mortero es también factor muy importante y que debe graduarse con cuidado, haciendo algunos experimentos previos, pues no pueden darse reglas absolutas, dependiendo de la clase de cemento que se emplee (lento ó rápido), de que esté mejor ó peor molido, y del objeto á que se destine la fábrica con él construída; en general, el mortero para hacer mampostería debe tener más agua que el de hormigón, puesto que los cantos se deben sentar á baño flotante, como con las cales ordinarias, y para esto es preciso que esté en pasta bastante fluida para que llene bien todos los huecos; por el contrario, el hormigón es conveniente comprimirlo, siempre que esto sea posible, y no debe hacerse con un mortero blando que refluya al verificar la compresión, dando lugar á que los materiales se coloquen por orden de densidades, y reuniéndose la piedra en la parte inferior y el mortero en la superior, de modo que si se hace un sillar artificial ó un macizo de hormigón en masa, uno y otro quedan formados por tongadas alternadas de piedra y mortero, en vez de la mezcla homogénea que debe constituir la buena fábrica de esta clase.

En general, un buen mortero para mampostería debe hacerse con 50 por 100 de agua del peso del cemento de Portland, y si se emplea en proporción de una parte de este material y tres de arena gruesa, llevará 12 á 14 por 100 del peso de ambas materias. Con cementos de fraguado rápido y arenas finas hay que aumentar la cantidad de agua, en términos que puede ser necesario emplear hasta el 80 por 100 del peso del cemento. Los morteros para hormigón que hayan de comprimirse no deben tener más que de 28 á 34 por 100 de agua con relación al peso del cemento, y si entran tres partes de arena, 8 á 10 por 100 del peso de ambas materias.

Es preciso tener cuidado especial de no dejar el agua en depósitos de gran superficie y poca altura, expuestos á la acción directa del sol, porque ya hemos visto que empleando agua á una temperatura algo elevada el fraguado se activa sobremanera y se corre el riesgo de emplear morteros que empiecen á endurecerse, con los cuales no es posible hacer fábrica buena de ninguna clase. Generalmente la arena se usa húmeda, y esto presenta varios inconvenientes, porque es muy difícil conocer de un modo exacto qué cantidad entra en el mortero, pues según tiene más ó menos agua, varía para un mismo volumen su peso, y tampoco es posible saber cuánta debe echarse para hacer un buen mortero. La arena seca es además preferible, porque la mezcla con el cemento, antes de echar el

agua, se hace con regularidad y prontitud, y esta operación tiene más importancia de la que generalmente se cree para obtener un mortero de buena calidad. A veces es muy difícil tener arena seca, mas siempre que esto sea práctico debe hacerse, y cuando resulte muy caro, procurar al menos que tenga una cantidad de agua constante ó poco menos.

Al dosificar las cantidades que han de entrar en el mortero, se puede emplear sin inconveniente la unidad de volumen para el agua y la arena, si ésta es seca, pero el cemento debe siempre entrar al peso, pues ya hemos visto cuán difícil es conseguir exactitud en peso para iguales volúmenes. Lo práctico, por lo tanto, es determinar el volumen de agua y de arena que debe entrar por saco ó barril de cemento, y como éstos tienen igual peso, se consigue así uniformidad al dosificar, sin recurrir á procedimientos que no resultan de fácil aplicación al organizar los trabajos, que á ser posible deben marchar casi automáticamente, como una máquina bien construida.

La cantidad de mortero que haya de hacerse depende de la clase de cemento que se emplee; pero siempre debe regularse de modo que se ponga en obra antes de que comience á fraguar, pues de lo contrario pierde gran parte de su energía, debiendo proscribirse en absoluto que los morteros de cemento sean manipulados dos veces, como se hace algunas veces con los de cal común. Cuando no sea condición precisa la rapidez del fraguado, se usarán cementos que tarden en endurecerse una hora al menos, y nunca deberá hacerse más cantidad de mortero que la que pueda emplearse en tres horas, y esto sólo con cementos de fraguado muy lento.

El precepto de Vicat, mortero seco y materiales mojados, resume cuanto pudiera decirse respecto á la cantidad de agua, y debe hacerse extensivo no sólo á los morteros, sino á todos los casos en que sea preciso continuar un macizo ó fábrica ya empezado, pues no bastará para que haya la debida trabazón que la superficie sea rugosa, si á la vez no se moja bien la parte ya hecha.

La cantidad de cemento que haya de emplearse por metro cúbico de mortero varía mucho, según el objeto á que se destine; para fábrica de mampostería en seco, 250 á 300 kilogramos de cemento por metro cúbico de arena es suficiente, lo cual viene á dar la relación de $\frac{1}{3}$ entre ambas materias; para fábricas sumergidas, el tanto por metro cúbico se aumentará hasta 500 kilos ó sea $\frac{1}{3}$ del peso de la arena; para enlucidos verticales sometidos solamente á la acción atmosférica, conviene usar arena fina, que dé superficies compactas y en proporción de 350 á 400 kilos por metro cúbico de arena. Para cisternas, depósitos de agua, etc., la cantidad será de 700 kilos por metro cúbico, y lo mismo para los enlosados. Todas las cifras anteriores se refieren al uso del cemento llamado de Portland, que con-

viene con preferencia en la mayor parte de los casos citados, pero si la mampostería hubiese de estar sometida á la acción de las olas ó de corrientes violentas, y fuere preciso emplear cemento de fraguado rápido, habría de aumentarse las dosis si éste era del natural de Zumaya, hasta llegar á la proporción de 1 por 2, ó sea de 700 á 750 kilos por metro cúbico de arena.

El hormigón puede hacerse de dos modos: ya mezclando el cemento con gravilla cuyo tamaño varíe de 0^m,005 á 0^m,01, ya fabricando previamente el mortero, é incorporándolo á una cantidad variable de grava de 0^m,03 á 0^m,05; también se usan para este objeto cantos rodados, que si bien tienen el inconveniente de presentar superficies lisas á las cuales no se adhiere tanto el mortero, no por eso deja de producir muy buenos hormigones si los cantos son silíceos y están limpios. Las cantidades de cemento necesarias para hacer hormigón varían según la clase de fábrica á que se destina; para pavimentos, con 150 kilogramos por 1^m³ de gravilla se obtienen excelentes resultados, siempre que se amase con muy poca agua y se comprima bien. En construcciones en seco puede reducirse la cantidad de cemento hasta 90 kilogramos por metro cúbico de hormigón, que se hará con 0,20 de mortero por 1^m³ de piedra, estando el mortero compuesto de 450 kilogramos de cemento por 1^m³ de arena; es claro que este hormigón resultará algo pobre en mortero; pero bien manipulado y poniendo 180 litros de agua solamente si la arena es fina, y 130 si es gruesa, se obtendrá un mortero seco que permitirá comprimir el hormigón, aprovechando así toda la fuerza adherente de los elementos activos. Sin llegar á tal extremo, con 130 á 150 kilogramos de cemento se obtienen hormigones superiores para la construcción de monolitos, basamentos de máquinas ó edificios, y siempre, en fin, que se necesita una fábrica homogénea y barata.

Para las construcciones en el agua la cantidad de cemento tiene que ser mayor; respecto al hormigón sumergido en sacos, hay que elevarla hasta 500 kilogramos por metro cúbico de mortero, lo cual da para el de hormigón 200 kilogramos, suponiendo que entre de mortero 0,40 de la unidad citada. Si es condición precisa obtener impermeabilidad completa en el macizo que se construya, convendrá todavía aumentar la cantidad á 220 ó á 240 kilogramos por metro cúbico de hormigón, que en este caso resultará con un mortero bastante rico en cemento, que llenará todos los huecos de la piedra. Tratando de hacer sillares artificiales, con 170 ó 180 kilogramos de cemento por metro cúbico es suficiente; y para hormigón en masa en macizos que estén expuestos á la acción del agua y del aire alternativamente, como sucede en parte de los diques y muelles de los puertos de mareas, es suficiente emplear 150 á 160 kilogramos de cemento por metro

cúbico de hormigón. Todos los pesos anteriores se refieren al cemento de Portland; empleando el de Zumaya hay que duplicar las cantidades para obtener un hormigón siempre inferior, pero que se aproxima á las condiciones del hecho con cemento de fraguado lento. Aun cuando se haga el hormigón con más de doble cantidad de cemento de Zumaya que la que hubiera de ponerse de Portland, no es posible conseguir iguales resultados, pues ya hemos visto que los cementos de fraguado rápido exigen para amasarlos mayor cantidad de agua, y por esto no es dable hacer con ellos esos morteros secos que permiten apisonar el hormigón y dar á éste verdaderos caracteres de monolito, con una resistencia que no alcanza ninguna otra clase de fábrica. Además, con cementos de fraguado rápido hay que reducir la cantidad que se manipula á límites que obligan á tener que hacer cada vez $\frac{1}{4}$ de metro si el cemento es fresco, y la proporción de arena no muy grande, y esto dificulta y quita una gran parte de las ventajas de hacerlo mecánicamente.

Los cementos de fraguado lento son muy á propósito para pavimentos ó enlosados resistentes; pueden hacerse de dos modos, ya *in situ*, ya fabricando las losas aparte y colocándolas después de endurecidas. El primer procedimiento es más barato y debe emplearse siempre que se pueda hacer de modo que no haya tráfico ni paso sobre el enlosado durante quince ó veinte días cuando menos; en caso contrario convendrá hacer las losas en el taller, cuidando de que no estén expuestas á la acción del sol, y dejándolas endurecerse durante tres meses, se sientan como luego se dirá. Para hacer pavimentos con hormigón *in situ* debe dársele un espesor de 8 á 10 centímetros, haciendo de modo que la parte superior presente una superficie rugosa, con cuyo objeto se echa gravilla; convendrá rayarlo con un rastrillo de hierro; así que esté colocado el hormigón se le recubre con una capa de mortero de dos á tres centímetros de espesor; tanto el hormigón como el mortero deben apisonarse, pero el primero con fuerza y el segundo sólo lo necesario para que la adherencia sea completa. De hormigón hecho con seis á ocho partes de gravilla de 0^m,01 de grueso y una parte de cemento recubierto de mortero formado de una de cemento por dos de arena, resulta un pavimento muy resistente y barato. Para evitar que los cambios atmosféricos, y sobre todo la acción del sol, produzcan grietas, debe echarse una capa de arena, que se tendrá cuidado de regar todos los días durante quince ó veinte.

En el caso de no poder evitar el tránsito durante el tiempo antes fijado, se hará una base de hormigón semi-hidráulico, y sobre ella se colocan losas de mortero, de cemento de las proporciones dichas, y de dos á cinco centímetros de espesor, según la clase de trabajo que haya de soportar el pavimento. Estas losas deben sentarse sobre mortero muy fino de 1 por 1,

ó mejor sobre lechada de cemento puro; en este caso puede á los dos ó tres días permitirse el tránsito, y aun antes si se emplea cemento de fraguado rápido. Las losas de cemento de Portland se encuentran en el comercio del grueso que se pida y de superior calidad; hay varias fábricas que hacen este género de productos con gran perfección y á precios económicos; entre las mejores se cuentan *The Victoria Stone Works*, cuyas losas se emplean en grande escala en las calles de Londres, y la de *Mrs. Hodges and Butler*, que además ha hecho una especialidad de la manufactura de tubos de hormigón para conducciones de aguas potables y para alcantarillas. Estos se hacen bien de una pieza cuando no son de mucho diámetro, ó bien de varias cuando la sección es de grandes dimensiones.

Los enlucidos de cemento se agrietan generalmente, aun empleando productos de superior calidad, pudiendo atribuirse este efecto á varias causas, entre las que principalmente deben contarse el bruñido, el aplicar el enlucido sobre una superficie absorbente y los cambios bruscos de temperatura. Para dejar la superficie más lisa se bruñe generalmente después de comenzar el fraguado, y esto produce siempre grietas más ó menos perceptibles al cabo de poco tiempo. En verano el calor las aumenta, sobre todo si el cemento es de fraguado muy lento. Los enlucidos horizontales es fácil preservarlos de la acción del sol por medio de una capa de arena; pero en los verticales no sucede lo mismo, y aun hechos con esmero es más expuesto á que se agrieten.

Podrían enumerarse otras aplicaciones interesantes de los cementos; pero las limitamos á las indicadas, porque nuestro objeto, al presente, es únicamente consignar algunos datos, por si pueden ser útiles á los que necesiten construir con esta clase de materiales.

Para conseguir que sean de primera calidad, se ha visto que no hay medio tan eficaz y seguro como exigir condiciones uniformes y generales á que deban satisfacer todos los cementos. En Alemania se detalla hasta el peso neto que han de tener los barriles y sacos, fijándose el máximum que se tolera por pérdidas y mermas, y este detalle, que parece de poca importancia, no lo es, puesto que obliga á los fabricantes á emplear buenos envases, en vez de los destrozados sacos en que se transportan generalmente nuestro cemento. Este y otros defectos creemos que se evitarían adoptando un pliego de condiciones parecido al que insertamos á continuación.

IV

PROYECTO DE PLIEGO DE CONDICIONES PARA LA RECEPCIÓN DE LOS CEMENTOS

Artículo 1.º El cemento que haya de emplearse en las obras públicas será de fraguado lento, siempre que las circunstancias lo permitan. Para

usar cementos de fraguado rápido deberá justificarse debidamente que no puede ejecutarse la fábrica ú obra de que se trate con cemento de fraguado lento.

Art. 2.º a)—Todo cemento que haya de ser empleado en las obras públicas deberá satisfacer á las condiciones que se detallan en los artículos siguientes, y que se referirán:

- 1.º Al peso del cemento.
- 2.º Al molido.
- 3.º A la composición química.
- 4.º Al tiempo del fraguado.
- 5.º A la resistencia por tracción de las pruebas de cemento puro.
- 6.º A la resistencia por tracción de las pruebas de mortero.
- 7.º A la dilatación ó contracción después del fraguado.

Para hacer las diversas pruebas, el Ingeniero ó sus subalternos tomarán en el punto que elijan, de los sacos ó barriles, la cantidad de cemento que juzguen necesaria, teniendo cuidado de no mezclar el cemento que provenga de diferentes envases. Cada muestra así escogida, deberá satisfacer á todas las condiciones prescritas en los artículos siguientes, y toda partida presentada de una vez, será juzgada por el resultado obtenido por la muestra que los haya dado menos favorables.

b) El contratista ó su representante tiene derecho á presenciar las pruebas, y si éstas no se hiciesen como se consigna en las condiciones siguientes, lo hará observar en el acto al encargado de practicarlas, y en caso de no ser admitida en el momento su reclamación la reproducirá por escrito al Ingeniero, que en este caso dirigirá las pruebas en presencia del contratista ó su representante.

c) Dos horas antes, por lo menos, de comenzar los ensayos del cemento, se avisará al contratista ó á su representante para que los presencie si lo desea. En el caso de que ni el contratista ni su representante se presenten al verificar los ensayos ó pruebas del cemento, se entiende que se conforma con los resultados obtenidos por la Administración.

d) Si en el punto donde se ejecuten las obras no hay aparatos para hacer las pruebas, el contratista tendrá obligación de remitir á donde los haya la cantidad de cemento necesaria para ellas (1). La Administración tomará las precauciones que juzgue necesarias en cada caso, para asegurar que el cemento empleado es el mismo, del cual se tomaron las muestras para las pruebas.

Art. 3.º *Peso mínimo de un litro de cemento no comprimido.*—El polvo fino que atravesase un cedazo metálico de cinco mil mallas por centí-

(1) Para hacer efectiva esta condición convendrá que existan aparatos para hacer las pruebas, al menos, en todas las capitales de provincia.

metro cuadrado, deberá pesar, cuando menos, mil gramos por litro. Para obtener un litro de cemento no comprimido, se irá echando á cucharadas el polvo que pasó por el cedazo sobre la parte superior de un plano inclinado á 45°, formado por una hoja de zinc de cincuenta centímetros de longitud, y cuyo borde inferior esté colocado un centímetro sobre el borde de la medida que se ha de llenar; cuando el cemento rebose se quitará el exceso con una regla. Durante la operación se cuidará de que la medida no sufra ningún choque ni trepidación.

Para el peso del litro de cemento se tomará el término medio de cinco experimentos, ó se hará una sola pesada con el contenido de cinco medidas de á litro, llenas del modo descrito. Todo cemento que dé pesos comprendidos entre novecientos cincuenta y mil gramos por litro será declarado *sospechoso*. Todo cemento que dé un peso inferior á novecientos cincuenta gramos por litro será *rechazado*.

Art. 4.° *Molido*.—El residuo que deje el cemento cernido por un cedazo de cinco mil mallas por centímetro cuadrado no excederá en ningún caso de treinta y cinco por ciento. Todo cemento que no cumpla con esta condición será *rechazado* (1).

Art. 5.° *Composición química*.—Todo cemento en el cual se halle, por el análisis químico, más de uno por ciento de ácido sulfúrico, ó más de dos por 100 de magnesia, será *rechazado*.

Art. 6.° Todo cemento en el cual se halle, por el análisis químico, que la pérdida al fuego exceda de tres por ciento, será declarado *sospechoso*.

Art. 7.° *Tiempo de fraguado*.—Para determinar el tiempo de fraguado en los cementos de fraguado lento, se amasarán quinientos gramos durante cinco minutos, con la cantidad de agua necesaria para producir pasta firme de las mismas condiciones que la que se emplee en las pruebas de resistencia. Toda el agua se incorporará de una vez al cemento, y cuando esté amasado, se llenará con la pasta un molde cilíndrico de cuatro centímetros de grueso y ocho de diámetro; después se sacudirá ligeramente el molde, dejando sobre el cemento el agua, si ha refluído alguna. Sobre el molde se suspenderá de un hilo que pase por una polea una aguja de sección cuadrada, que tenga en su parte inferior un milímetro de lado, y que pese trescientos gramos (2).

Se tomará como primer período del fraguado cuando la aguja no atravesase toda la pasta de cemento, y se dará por terminado cuando pueda so-

(1). Como transitorio se podría admitir para los cementos de Zumaya un residuo de 40 á 45 por 100 cernidos por el cedazo de 5,000 mallas por centímetro cuadrado; pues en la actualidad ninguna fábrica produce cementos que cumplan con esta condición, y para facilitar el cambio, tal vez convendría establecer la condición modificada durante dos ó tres años, y después ir disminuyendo el residuo hasta llegar al señalado en el art. 4.°

(2). Si se dispone del aparato de Tetmayer se pueden obtener resultados más exactos, puesto que en él la aguja está guiada y tiene un índice que permite determinar con exactitud la cantidad que penetra en la pasta en cada uno de los períodos.

portar el peso de la aguja de ensayo, sin depresión sensible del cemento.

En el cemento de fraguado lento amasado con agua del mar, el fraguado no debe empezar antes de treinta minutos ni terminar antes de tres horas; todo cemento que no cumpla con estas dos condiciones ó que tarde más de diez horas en fraguar, será *rechazado*. Si se emplea agua dulce no deberá fraguar antes de cuarenta minutos ni tardar más de seis horas.

Los cementos de fraguado rápido deberán soportar sin depresión la aguja de ensayo á los diez minutos, amasados con la cantidad de agua que se determine para las pruebas de resistencia. El tiempo se contará, en todos los casos, desde que se echó el agua en el cemento, y la manipulación no excederá de cinco minutos en los cementos de fraguado lento, ni de tres en los de fraguado rápido. La temperatura del agua será en todos los casos de catorce á diez y ocho grados. Toda partida de cemento cuyas pruebas no satisfagan á las condiciones de fraguado prescritas en este artículo, será *rechazada*.

Art. 8.º *Modo de hacer las pruebas de cemento puro.*—a) *Cantidad de agua.*—La cantidad de agua que haya de emplearse para las pruebas de cemento puro, será la misma para todos los ensayos que se hagan con los productos procedentes de la misma partida; para determinarla se hará un experimento previo del modo siguiente: se amasarán 1.000 gramos de cemento con la cantidad de agua que se juzgue necesaria, echándola de una vez y haciendo la manipulación durante cinco minutos para los cementos de fraguado lento, y durante tres minutos para los de fraguado rápido, sobre una placa de metal ó de mármol. La cantidad de agua será considerada como normal si la pasta satisface á las condiciones siguientes:

b) Que no cambie de consistencia prolongando el amasado durante tres minutos en los cementos de fraguado lento, y durante un minuto en los de fraguado rápido.

c) Que tomando una pequeña cantidad de pasta en la paleta, se desprenda sin adherirse y conserve su forma sin más que aplastarse ligeramente, pero sin agrietarse cuando se la deje caer de cincuenta centímetros de altura. Cogiendo una pequeña cantidad de pasta con la mano y sacudiéndola debe tomar la forma redondeada, resudar un poco en la superficie, no adherirse á la piel y conservar su forma con poco aplastamiento, pero sin que se produzcan grietas, si se la deja caer de la altura antes dicha.

(*Se continuará.*)

FERNANDO GARCÍA ARENAL,
Ingeniero de Caminos.

MADRID: 1887.

ESTABLECIMIENTO TIPOGRÁFICO DE GREGORIO JUSTE.

Calle de Pizarro, número 15, bajo.