

Normas chilenas para la aceptación del Cemento Portland en las obras públicas, aprobadas por decreto N.º 135, de 2 de Febrero de 1932

Estas normas han sido estudiadas a iniciativa de la Dirección General de Obras Públicas, por una comisión compuesta por representantes de los Servicios Técnicos Fiscales, de los Servicios Técnicos Municipales y de la industria Nacional de Cemento.

I.—CEMENTOS PORTLAND

Artículo 1.º *Certificado de calidad.*—

La calidad del cemento se acreditará por medio de un certificado expedido por el Laboratorio de Resistencia de Materiales de la Universidad de Chile. Este certificado deberá establecer si el cemento es o no de marca aceptada y declarar que el cemento cumple con las presentes Normas.

Art. 2.º *Aceptación de marcas.*—Para que una marca de cemento se considere aceptada, deberá estar inscrita en el «Registro de Marcas de Cemento Aceptadas» que llevará el Laboratorio de Resistencia de Materiales de la Universidad de Chile.

Los fabricantes o agentes de cementos que deseen inscribir sus productos en dicho Registro, lo solicitarán por escrito al Jefe del referido Laboratorio, solicitando también de la Administración de la Aduana respectiva que retire oficialmente un

barril o saco de la partida de cemento y lo remita sellado al Laboratorio por cuenta del interesado.

Además, se acompañarán los certificados correspondientes al registro de marca de fábrica y los documentos que acrediten la existencia, capacidad normal de producción y funcionamiento regular de la fábrica. Estos documentos deben ser previamente visados por el Cónsul respectivo. Deberá también indicarse si se trata de un cemento Portland corriente o de un tipo especial.

Previo los ensayos correspondientes en dos partidas sucesivas y distintas, ensayadas en las condiciones anteriores y con resultados satisfactorios, el Jefe del Laboratorio expedirá el certificado de inscripción y aceptación de la marca, el cual será válido por tres años.

Se considerarán partidas distintas y sucesivas las que lleguen al país con diferente manifiesto y fechas distintas. Para los cementos nacionales se entende-

rá por dos partidas distintas, las producidas en dos fechas diferentes, cuyo intervalo fijará el Laboratorio de Resistencia de Materiales.

Si el Laboratorio de Resistencia de Materiales comprueba que dos partidas de un cemento inscrito no cumplen o no son semejantes a las que se usaron para inscribir la marca de origen, cancelará la inscripción de dicho cemento.

Art. 3.º *Envases*.—El cemento será expedido y recibido en las faenas y Laboratorio en envases originales, los que llevarán indicados la marca, los sellos, el nombre y ubicación de la fábrica, los pesos netos y brutos.

Art. 4.º *Cemento Portland, definición*.—Es el producto que se obtiene moliendo hasta convertir en polvo impalpable el clinker que resulta de calcinar hasta la fusión incipiente una mezcla íntima de materiales calcáreos y arcillosos, o calcáreo-arcillosos, debidamente proporcionados y finamente molidos, sin que después de su calcinación se agregue más de 3% de materias extrañas.

PROPIEDADES QUÍMICAS

Art. 5.º La proporción entre la cal, la sílice, el sesquióxido de fierro, la alúmina y el óxido de magnesio es la siguiente:

$$\frac{\text{Ca O} - 0,7 \text{ SO}_3}{\text{Si O}_2 + \text{R}_2 \text{ O}_3} > 1,7$$

siendo $\text{R}_2 \text{ O}_3 = \text{Fe}_2 \text{ O}_3 + \text{Mg O} + \text{Al}_2 \text{ O}_3$

Proporciones máximas.—El cemento no debe contener más de 2% de anhídrido sulfúrico (SO_3), ni más de 3% de óxido de magnesio. (Mg O).

La pérdida por calcinación no debe de ser más de 3%; la cantidad de insoluble no debe ser mayor de 1,5%.

El análisis químico se efectuará sólo para la aceptación de una marca o en los casos que sea solicitado por la Oficina Pública respectiva.

PROPIEDADES FÍSICAS

Art. 6.º *Peso específico*.—El peso específico del cemento secado a 100 grados no deberá ser inferior a 3,05.

Fraguado.—El fraguado de la pasta de cemento de consistencia normal, no deberá comenzar antes de una hora ni terminar después de diez horas.

Indeformabilidad. Prueba al agua.—Las galletas con pasta de cemento de consistencia normal colocadas al aire húmedo y sumergidas en agua 24 horas después de su preparación, no deberán experimentar alteración ni presentar en época alguna grietas o deformaciones en los bordes. Se estimará satisfactorio el cemento, si después de 28 días cumple con estos requisitos.

Pruebas al vapor.—Las galletas confeccionadas con esta misma pasta, conservadas durante 24 horas en aire húmedo y sometidas al vapor de agua hirviente durante 5 horas, no deberán presentar señales de deformación o desintegración, ni grietas en sus bordes o centros.

Estas dos pruebas son alternativas y en caso de urgencia se practicará sólo la prueba del vapor. La pasta normal se fabricará en conformidad a lo prescrito en el art. 10.

Cernido.—El cemento no deberá dejar más de 1,5% de residuo sobre el tamiz de 900 mallas por cm^2 , ni más de 16% sobre el de 4.900 mallas por cm^2 .

El diámetro de los alambres de los tamices deberá ser de 0,055 mm. para el tamiz de 4.900 mallas y de 0,13 para el de 900 mallas.

Resistencia a la tracción.—La resistencia de ruptura por tracción de briquetas

de mortero normal, deberá ser por lo menos de 25 kg. por cm² a los 7 días, y de 30 kg. por cm² a los 28 días.

Resistencia a la compresión.—La resistencia de ruptura por compresión de cubos de mortero normal, deberá ser por lo menos de 250 kg. por cm² a los 7 días, y de 350 kg. por cm² a los 28 días.

Mortero normal.—El mortero normal se preparará en la forma y proporciones indicadas en el artículo 13.

Aumento de resistencia.—Los valores de la resistencia a la ruptura por tracción y por compresión, a los 28 días deberán ser mayores que a los 7 días.

CARACTERÍSTICAS DE LOS CEMENTOS PORTLAND DESTINADOS A OBRAS MARÍTIMAS

Art. 7.º—*Proporciones máximas.*—Para obras marítimas serán preferidos los cementos en que sea menor la proporción de anhídrido sulfúrico y de óxido de magnesio, no debiendo ser el contenido de anhídrido sulfúrico (SO₃) mayor de 2%, ni el contenido de óxido de magnesio (MgO) mayor de 2%. Serán preferidos aquellos cementos que cumplan con la siguiente proporción:

$$\frac{\text{Si O}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} \approx 2,2$$

Análisis químico de la sílice.—La determinación de la sílice del cemento para obras marítimas se hará en la siguiente forma: el filtrado proveniente de la sílice, obtenido de acuerdo con el método del art. 19, se evapora nuevamente a sequedad y se repite la operación igual que para la determinación de la sílice, según el método corriente descrito en el artículo citado, computándose el nuevo precipitado como sílice.

Agua de mar.—Para los ensayos físicos de cementos Portland destinados a obras marítimas, se empleará exclusivamente agua de mar.

MUESTREO

Art. 8.º Las muestras podrán ser simples o compuestas.

El Laboratorio de Resistencia de Materiales de la Universidad de Chile, podrá ordenar que se extraigan muestras simples o compuestas de una partida de cemento, especificándolo en el respectivo certificado.

Muestra simple.—Una muestra simple se tomará de una unidad por cada 50 unidades; para partidas menores de 50 unidades se tomará una muestra por cada 20 unidades o fracción.

Muestra compuesta.—Una muestra compuesta se tomará abriendo un envase por cada 50 unidades, hasta cien toneladas y reuniéndolas en una sola muestra de ensaye. Para muestras mayores de cien toneladas se sacará una muestra compuesta en la misma forma anterior por cada cien toneladas o fracción.

Si las partidas son inferiores a 50 unidades, una muestra compuesta se obtendrá extrayendo muestras simples de cada 20 unidades y reuniéndolas en una sola muestra de ensaye.

Remisiones de las muestras.—Las muestras se remitirán al laboratorio en envases metálicos herméticamente cerrados, conforme al tipo establecido por dicho Laboratorio.

Pago de los ensayos.—El pago de los ensayos será de cuenta de los contratistas y se hará con cargo a la faena respectiva, en caso de obra fiscal o municipal. Si es obra particular, será de cargo del remitente o interesado.

ALMACENAMIENTO

Art. 9.º—*Recintos de almacenamiento.*—

Los recintos de almacenamiento del cemento serán cerrados en tal forma que impidan la penetración de la humedad, debiendo permanecer el piso completamente seco. El cemento deberá almacenarse de modo que permita un fácil acceso e identificación de cada partida.

Pesos del cemento.—Se rechazará toda partida de cemento cuyos envases tengan una diferencia de 5% con el peso marcado, para lo cual se tomará 50 envases al azar y se pesarán.

II.—NORMAS GENERALES PARA LOS ENSAYES DEL CEMENTO PORTLAND

ENSAYES FÍSICOS

Art. 10.—*Ensayo de fraguado.*— Se dispondrá en forma de corona sobre una mesa de mármol o de vidrio 400 gr. del cemento por ensayar y se agregará una cierta cantidad de agua. La pasta así formada se bate durante 5 minutos; en seguida la pasta se coloca en un molde tronco cónico de 4 cm. de altura, 8 cm. de diámetro superior y 6 cm. de diámetro inferior. Se hace actuar a continuación sobre la pasta la sonda de Tetmayer, de 300 gr. de peso y 1 cm² de sección, dejándola caer suavemente de modo que no adquiera velocidad en la pasta.

Si esta sonda se detiene a una distancia comprendida entre 5 y 6 mm. sobre el fondo de la caja, la cantidad de agua empleada es la conveniente para obtener la pasta normal. En caso contrario, se repetirá la operación empleando una mayor o menor cantidad de agua, según que la distancia a que se detuvo la sonda sobre el fondo de la caja haya sido supe-

rior o inferior a los límites indicados anteriormente. La pasta así fabricada se denomina pasta normal.

Determinada de este modo la cantidad de agua necesaria para la confección de la pasta normal, se preparará una nueva porción, se le coloca en el molde y se hace actuar sobre ella la aguja de Vicat, dejándola caer lentamente de modo que no adquiera velocidad en la pasta.

Se dice que el cemento empieza a fraguar cuando la aguja se detiene a 3 mm. sobre el fondo de la caja. Durante toda la operación, el agua, el aire y el cemento deberán permanecer a una temperatura igual y constante comprendida entre 18° y 21° C. El aparato de Vicat consta de un armazón con un vástago movable que pesa 300 gr., cuya parte superior tiene 1 cm² de sección en una longitud de 6 cm. y en cuyo extremo inferior lleva una aguja separable de 1 mm² de sección y 6 cm. de largo. El vástago es invertible y puede mantenerse en cualquier posición por medio de un tornillo, y lleva equidistante de los extremos una marca que se mueve bajo una escala fija al armazón, graduada en milímetros. En la parte inferior del armazón se coloca el molde tronco cónico que descansa sobre una plancha de vidrio.

Art. 11.—*Ensayos de pesos específicos.*— La determinación de peso específico se hará en el aparato normal de Le Chatelier, para lo cual se usará bencina de 62° BÉ, a lo menos, o kerosena que no contenga agua.

Una vez introducido el líquido en el aparato, se agregará en pequeñas cantidades 65 gr. de cemento.

Durante la operación, el aparato se mantendrá sumergido en agua, a fin de impedir que las variaciones de la temperatura del líquido no excedan de 0,5%.

En caso que el cemento no cumpla con las especificaciones, se repetirá la expe-

riencia con una muestra de cemento secada a 100°.

Art. 12.—*Ensaye de cernido*.—Se colocarán 50 gr. de cemento sobre los tamices de 900 y 4.900 mallas por centímetro cuadrado de la máquina de cernir de Tetmayer. Después de 5.000 revoluciones se pesarán los residuos que quedan sobre los tamices y se expresarán en porcentaje del peso primitivo del cemento empleado.

En caso que el cemento no cumpla con las condiciones, se repetirá la experiencia sobre una muestra secada a 100° C.

Art. 13.—*Prueba de resistencia*.—Se mezclará durante 20 revoluciones en seco en una trapiche standard, 250 gr. de cemento y 750 gr. de arena normal, se agregará en seguida cierta cantidad de agua igual a $(0,25 R + 1,5)$ gr., en que R es la cantidad de agua necesaria para formar la pasta de consistencia normal. Después se revolverá nuevamente la mezcla durante 20 revoluciones en el trapiche. El mortero así fabricado se denominará Mortero Normal, con el cual se prepararán moldes cúbicos destinados a ensayos por compresión. El mortero se comprime con 150 golpes de un martinete cuyo martillo de 3 gr. cae desde 50 cm. de altura; las probetas para ensayos de tracción, de 5 cm² de sección de ruptura, se comprimirán con 120 golpes de un martinete cuyo martillo de 7 kg. cae desde 25 cm. de altura. Las probetas se dejarán en sus moldes durante 24 horas al aire húmedo y se sumergirán en seguida en el agua, pesándolas previamente.

Se prepararán a la vez 10 moldes para ensayos de compresión y 10 moldes para ensayos de tracción, para ensayarlos por mitades a los 7 y 28 días.

Se tomará como resultado final en cada caso el promedio de las cifras proporcionadas por cuatro probetas y se rechazará

la probeta que se aleje más del valor medio de las cinco.

La sala, el aire húmedo y el agua para todos estos ensayos, deberá tener una temperatura comprendida entre 18° y 21° C. El agua del depósito debe ser de mar para los cementos destinados a obras marítimas y deberá ser renovado cada 7 días.

El ensaye a compresión de los cubos y de tracción de las briquetas, se efectuará en máquinas aprobadas por el Laboratorio de Resistencia de Materiales de la Universidad de Chile. Se ensayarán los cubos y las briquetas inmediatamente después de sacados del agua, limpiando las caras moldeadas o la superficie de contacto con las mordazas de la carga. Para los ensayos de compresión debe aplicarse la carga en forma continua y a razón de 1.000 kg. por segundo, o sea, 20 kg. por cm². Para los ensayos de tracción este aumento será de 100 gr. por segundo, o sea, 1 kg. por cm² por seg. En los ensayos por compresión, el esfuerzo será aplicado a las probetas en el sentido normal a su fabricación.

Art. 14.—*Arena normal*.—La arena normal chilena es una arena cuarzosa, natural, extraída en las Cruces, cerca de Cartagena.

Se usará en los ensayos solamente aquella arena lavada que pasa por el tamiz de 64 mallas por cm² y que queda retenida en el de 144 mallas por cm². Los diámetros de los alambres de los tamices serán de 0,3 mm. para el de 64 mallas por cm², y de 0,2 mm. para el de 144 mallas por cm².

La arena normal se obtendrá del Laboratorio de Resistencia de Materiales de la Universidad de Chile.

Art. 15.—*Indefornabilidad. Prueba al agua*.—Se fabrica pasta de cemento de consistencia normal en la forma indicada y con ella se confeccionarán galletas so-

bre una plancha de vidrio. Las galletas tendrán un diámetro de 10 cm. y de 2 cm. de espesor al centro, disminuyendo este espesor hasta tener los bordes achaflanados. Para confeccionar las galletas se comprimirá primeramente la pasta contra la plancha de vidrio y se le dará la forma pasando una espátula de los bordes hacia el centro. Las galletas se mantendrán en aire húmedo durante 24 horas y en seguida se sumergirán en depósitos con agua; se observarán las galletas a los 7 y 28 días después de confeccionadas o a mayor tiempo si se solicita, para ver si se han producido grietas o deformaciones de cualquier clase. La temperatura del aire húmedo y del agua se mantendrá entre 18° y 21° C.; el agua del depósito se renovará cada 7 días.

Art. 16. *Indeformabilidad. Prueba al vapor.*—El aparato en que se hace esta prueba, consistirá en un depósito metálico provisto de una rejilla para sostener las galletas, de una tapa con dos salidas para el vapor y conectada con un recipiente alimentador de agua que mantenga constante el nivel de agua del aparato. Se confeccionarán galletas en la misma forma descrita anteriormente, se sumergirán en agua durante 24 horas y se colocarán en seguida durante 5 horas en una atmósfera de vapor de agua, cuya temperatura se mantendrá entre 98° y 100° C., sosteniendo las galletas a una altura de 25 mm. sobre el nivel del agua hirviente. Se observará en seguida si han producido grietas o deformaciones de cualquier clase en las galletas.

ANÁLISIS QUÍMICO

Art. 17. *Pérdida por calcinación.*—Un gramo de cemento se calcinará en un crisol de platino cubierto, de 20 a 25 cm³ de capacidad, según uno de los métodos especificados a continuación.

Método A.—El crisol se colocará en el hueco de una plancha de asbesto, de tal manera que $\frac{3}{5}$ partes de él quede debajo de la plancha; a continuación se calcinará con un soplete al rojo durante 15 minutos. La pérdida por calcinación se comprobará por una segunda calcinación durante 5 minutos. Debe cuidarse que no se adhieran partículas de asbesto al crisol al ser extraído de la plancha de asbesto.

Método B.—El crisol se colocará en un horno eléctrico a una temperatura comprendida entre 900° y 1,000° C., durante 15 minutos. La pérdida por calcinación se comprobará por una segunda calcinación durante 5 minutos. Se aceptará en la calcinación una tolerancia de 0,25 sobre el límite fijado. Todos los valores en exceso sobre el límite aceptado y comprendido dentro de la tolerancia se computará como 3%.

Residuo insoluble.—A un gramo de cemento se agregan 25 cm³ de agua y 5 cm³ de ácido clorhídrico concentrado ($d=1,19$). El cemento se revolverá bien en una cápsula, con una varilla de vidrio, hasta producir su completa disgregación. A continuación se diluye a 50 cm³ y se somete al baño maría por 15 minutos. Se filtra, y el residuo se lavará con agua fría. El filtro con el contenido se tratarán con 50 cm³ de una solución de 5% de carbonato de sodio.

A continuación se mantiene el líquido durante 15 minutos a una temperatura cercana a la ebullición. El residuo remanente se filtrará y lavará con agua caliente. El residuo así obtenido se seca y calcina al rojo, obteniéndose así el insoluble. Se aceptará una tolerancia de 0,15, y todos los valores en exceso con respecto al límite aceptado y comprendido dentro de la tolerancia anterior, se computarán como 1,5%.

Art. 18. *Anhidrido sulfúrico.*—A un

gramo de cemento se le agregarán 25 cm³ de agua y 5 cm³ de ácido clorhídrico (d=1,19). El cemento se desintegra bien con una varilla de vidrio. La solución se diluye a 50 cm³ y tratada al baño maría durante 15 minutos, se filtra y lava bien con agua caliente. La solución se diluye a 250 cm³, se calienta a la ebullición y se le agregará 10 cm³ de una solución de 10% de cloruro de bario, gota a gota en caliente desde una pipeta; se continúa la ebullición hasta que quede bien formado el precipitado. A continuación se colocará el líquido con el precipitado, por lo menos 3 horas al baño maría y se dejará reposar de un día para otro. Se filtra el precipitado, se lava y se coloca en un crisol de platino tarado, se seca y calcina evitando la formación de llama. Multiplicando el peso del residuo del crisol por 0,343 se obtiene el porcentaje de anhídrido sulfúrico. Para esta determinación se puede usar la solución ácida proveniente de la determinación del residuo insoluble. Se permitirá una variación de 0,10 y los resultados en exceso con respecto al límite aceptado, comprendido dentro de la tolerancia anterior, se computarán como 2%.

Art. 19. *Determinación del anhídrido silícico.*—Un gramo de cemento se mez-

cla con 10 cm³ de agua destilada en una cápsula de porcelana de 8 a 10 cm. de diámetro y se le agrega 10 cm³ de ácido clorhídrico (d=1,19). Las partes insolubles se deshacen mediante una espátula. En seguida el contenido de la cápsula se evapora a sequedad en un baño maría. A continuación se agregan otros 5 cm³ de ácido clorhídrico, evaporando a sequedad y colocando después la cápsula de porcelana en una estufa durante dos horas, a la temperatura de 104° a 106° C. Al residuo seco y enfriado se le agregan a continuación 10 cm³ de ácido clorhídrico (d=1,19), dejándose reposar durante una hora, se diluye a continuación con agua caliente y una vez que el residuo restante se separa del fondo de la cápsula se filtra, repitiéndose con el residuo la misma operación. El residuo restante se lava con agua a ebullición. Esta operación del lavado se continúa hasta que una gota no dé turbidez, con una solución de nitrato de plata. El filtro con su contenido se deseca y se calcina en un crisol de platino, hasta que el residuo se presente de un color blanco de nieve y que se mantenga constante en su peso. Restando de este valor el del residuo insoluble se obtiene la sílice soluble.

(Continuará)