

# DOCUMENTOS

---

## CUADERNO DE CONDICIONES PARA LA ACEPTACION DE CEMENTOS

---

*Santiago, 14 de Diciembre de 1910.*

S. E. decretó hoi lo que sigue:

Sec. 2.<sup>a</sup>, N.º 2604. Vistos estos antecedentes, decreto:

Apruébase el adjunto Cuaderno de Condiciones, para la recepcion del Cemento Portland i de las Cales que se empleen en las obras públicas.

El Taller de Resistencia de Materiales de la Universidad del Estado se encargará de la ejecucion de los ensayes para verificar la calidad de los cementos i cales, debiendo contribuir anualmente las respectivas oficinas de la Administracion Pública a los gastos de ese Taller con una suma proporcionada al trabajo que cada una le encomiende.

Se autoriza al Director de Obras Públicas para que ordene la impresion de dos mil ejemplares del referido cuaderno, el que comenzará a rejir desde el 1.º de Marzo próximo.

Tómese razon, comuníquese i publíquese con el Cuaderno aprobado.—FIGUEROA.  
—*B. Mathieu.*

### **Cuaderno de condiciones**

#### **CAPITULO I**

##### **I.—DISPOSICIONES JENERALES**

Artículo 1.º Todo cemento destinado a emplearse en una obra pública, deberá acreditar que cumple con las prescripciones oficiales, mediante un certificado espedido por el Jefe del Taller de Resistencia de Materiales de la Universidad de Chile.

Art. 2.º La oficina pública que haya recibido el artículo, se reserva el derecho de

hacer practicar nuevos ensayos en dicho Taller sobre muestras tomadas en el momento de la recepcion, ó en cualquiera época, del cemento que se encuentre depositado en faena. En tal caso las muestras se extraerán del contenido en la rejion central de cinco barriles por lo ménos, i se remitirán sin demora al Taller en envases metálicos herméticamente cerrados, que proporcionará el espresado Taller.

Art. 3.º Si de alguno de estos ensayos resultare que el artículo recibido no satisface algunas de las prescripciones contenidas en el presente Cuaderno de Condiciones, se rechazará la partida correspondiente.

Art. 4.º La oficina pública respectiva comunicará esta resolucion al proveedor del cemento o al contratista de la obra, segun el caso, i le fijará un plazo máximo dentro del cual deberá retirar del lugar de la recepcion la partida rechazada, siendo de cuenta de aquel los gastos que demande el cumplimiento de esta disposicion.

El proveedor del cemento o el contratista de la obra, segun el caso, sufrirá por cada día de retardo en el retiro del cemento rechazado, una multa de dos pesos (\$ 2.00) por cada 170 kilogramos de peso neto.

Art. 5.º La respectiva oficina pública podrá adquirir por cuenta del proveedor una nueva partida de cemento, de la marca que estime preferible, para reemplazar la partida que fuere rechazada.

Art. 6.º La administracion considera terminada la responsabilidad del proveedor desde el momento en que, previo el certificado de ensaye sobre las muestras tomadas en el momento de la recepcion, haya declarado aceptada la partida correspondiente. La responsabilidad del contratista de una obra se conserva plenamente hasta la espiracion del plazo de garantía.

Art. 7.º Los sacos o las barricas del cemento recibido se conservarán en lugares secos, cerrados i cubiertos, i en grupos que correspondan a cada partida.

No se permitirá el uso del cemento proveniente de un saco o barril cuyo contenido no sea bien pulverulento, aun cuando pertenezca a una partida ya aceptada.

Art. 8.º Solo se admitirá en las licitaciones para la provision o en compras directas de cemento Portland los productos que hayan sido préviamente inscritos en una lista que se mantendrá en el Taller de Resistencia de Materiales de la Universidad de Chile.

Los fabricantes o agentes de éstos que deseen inscribir sus productos en dicha lista, lo solicitarán por escrito al Jefe del referido Taller, acompañando a su solicitud un barril del cemento en cuestion; los certificados correspondientes al registro de la marca de fábrica, i los documentos que acrediten la existencia i funcionamiento regular de la fábrica productora.

Art. 9.º Previos los ensayos correspondientes, el Jefe de dicho Taller expedirá el certificado de inscripcion en favor solamente de aquellos productos que hayan demostrado satisfacer las condiciones de calidad exigidas en el presente Cuaderno de Condiciones.

Art. 10. El mencionado Jefe anunciará semanalmente a las respectivas oficinas públicas las variaciones que haya experimentado la referida lista de inscripciones.

## CAPITULO II

## CUALIDADES DEL CEMENTO PORTLAND

Art. 11. **Definicion.**—Cemento Portland es un producto obtenido por la calcinacion hasta el principio de la fusion, de una mezcla íntima de materias calcáreas i arcillosas, molida despues hasta convertirla en polvo impalpable.

La proporcion entre la cal, la sílice, el fierro i la alúmina es la siguiente:

$$\frac{\text{Ca O}}{\text{Si O}_2 + \text{Fe}_2 \text{O}_3 + \text{Al}_2 \text{O}_3} \geq 1.7$$

La proporcion de materias estrañas agregadas no puede ser superior a 3%.

Art. 12. **Análisis Químico.**—El cemento no debe contener mas de 1.5% de anhídrido sulfúrico (SO<sup>3</sup>), ni mas de 3% de óxido magnésico (MgO). Esta última tolerancia se reducirá a 2% para los cementos destinados a obras marítimas.

La pérdida por calcinacion no debe ser superior a 5%.

El análisis químico se efectuará solo para la aceptacion de una nueva marca o en los casos que sea solicitado por la oficina pública respectiva.

Art. 13. **Peso específico.**—El peso específico del cemento secado a 100° centígrados no debe ser inferior a 3,05.

Art. 14. **Fraguado.**—El fraguado deberá dar principio antes de 10 minutos para los cementos rápidos i despues de una hora para los de fraguado lento.

Se entiende por principio del fraguado el momento en que la aguja de Vicat se detiene a 3 mm sobre el fondo de la caja.

Art. 15. **Cernido.**—El cemento no deberá dejar mas de 3% de residuo sobre el tamiz de 900 mallas por centímetro cuadrado, ni mas de 25% sobre el de 4 900.

El diámetro de los alambres de los tamices deberá ser de 0,05 mm para el tamiz de 4 900 mallas i de 0,10 mm para el de 900 mallas.

Art. 16.—**Indeformabilidad.**—Las galletas confeccionadas con pasta de cemento puro de consistencia normal, sumerjidas en agua durante 24 horas despues de su preparacion no deberan experimentar alteracion ni presentar en época alguna grietas o deformaciones en los bordes.

Art. 17.—**Resistencia del mortero normal.**—(1:3).—Las cifras mínimas de resistencia de ruptura por traccion en probetas de cinco centímetros cuadrados de seccion, no deben ser inferiores a:

12 Kg por cm <sup>2</sup> a los 7 dias .....	} Para cemento de fraguado lento;
18 » » » » 28 » .....	

10 Kg por cm <sup>2</sup> a los 7 dias .....	} Para cemento de fraguado rápido.
15 » » » » 28 » .....	

Para la resistencia de ruptura por compresion las cifras mínimas en probetas de 50 centímetros cuadrados de seccion no deben ser inferiores a:

120 Kg por cm <sup>2</sup> a los 7 días ... ..	} Para cemento de fraguado lento.
180 » » » » 28 » .....	
100 Kg por cm <sup>2</sup> a los 7 días .....	} Para cemento de fraguado rápido.
150 » » » » 28 » .....	

Las cifras obtenidas tanto en los ensayes por traccion como por compresion deben acusar un aumento progresivo de resistencia a la ruptura entre los 7 i los 28 dias.

Art. 18. **Resistencia de los cementos destinados a Obras Marítimas o a Obras de Hormigon Armado.**—Los minimums requeridos para la resistencia a la compresion en probetas (1:3) de 50 centímetros cuadrados de seccion, no deben ser inferiores a 120 kg por centímetro cuadrado a los 7 dias, i a 200 kg por centímetro cuadrado a los 28 dias.

NOTA I.—Para las obras marítimas serán preferidos los cementos en que sea menor la proporcion de anhídrido sulfúrico (SO<sup>3</sup>) i de óxido magnésico (MgO).

Tambien lo seran aquellos en que la proporcion entre la sílice, alúmina i fierro sea la siguiente:

$$\frac{\text{Si O}^2}{\text{Al}^2 \text{O}^3 + \text{Fe}^2 \text{O}^3} \geq 2,2$$

NOTA II.—En los ensayes físicos de cemento Portland destinado a obras marítimas se empleará esclusivamente agua de mar.

### CAPITULO III

#### Normas jenerales para los ensayes de Cemento Portland.

##### A.—ENSAYES FÍSICOS.

Art. 19. **Ensayes de fraguado.**—Se dispondrá en forma de corona sobre una mesa de marmol 400 gramos del cemento por ensayar, i se agregará una cierta cantidad de agua. La pasta asi formada se bate durante cinco minutos si se trata de cemento de fraguado lento, i durante dos minutos si se trata de cemento de fraguado rápido, i se la coloca enseguida en un molde tronco-cónico de 0,04 m de altura, 0,08 de diámetro superior i 0,06 de diámetro inferior. Se hace actuar enseguida sobre esta pasta la Sonda de Tetmayer, de 300 gramos de peso i un centímetro cuadrado de seccion, dejándola caer suavemente de modo que no adquiera velocidad en la pasta.

Si esta sonda se detiene a una distancia comprendida entre 5 i 6 milímetros 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 operacion empleando una mayor o menor cantidad de agua segun que la distancia a que se detuvo la sonda sobre el fondo de la caja haya sido superior o inferior a los límites indicados anteriormente.

Determinada de este modo la cantidad de agua necesaria para la confeccion de la pasta normal, se prepara una nueva porcion, se la coloca en el molde i se hace actuar sobre ella una 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 0.003 m sobre el fondo de la caja.

Durante toda esta operacion el agua, el aire i el cemento deberan permanecer a una temperatura igual i constantemente comprendida entre 15° i 18° Celcius.

Art. 20. **Ensaye de peso especifico.**—Se determinará con el aparato de Le Chatelier, empleando 64 gramos de cemento secado a 100° Celcius.

Art. 21. **Ensayes de cernido.**—Se colocarán 100 gramos de cemento secado a 100° Celcius sobre los tamices de 900 i 4 900 mallas por centímetro cuadrado de la máquina de cernir de Tetmayer. Se dará a la máquina 2 500 revoluciones i se pesarán los residuos que queden sobre los tamices.

Art. 22. **Indeformabilidad.**—Con el excedente de la pasta que queda del ensaye del fraguado se hace sobre una plancha de vidrio una galleta de 0,10 m de diámetro, de 0,02 m de espesor en el centro i con sus bordes adelgazados en chafán. Manteniéndola esta galleta en el agua desde 24 horas despues de su confeccion se observará a los 7 i a los 28 dias si se han producido deformaciones o grietas en los bordes.

Art. 23. **Pruebas de resistencia.**—Se mezclará en seco, en un trapiche, 250 gramos de cemento i 750 gramos de arena normal. Se agregará en seguida cierta cantidad de agua determinada prácticamente i que varía entre 7% i 8% del peso de la mezcla, i se revolverá nuevamente la mezcla durante dos minutos en el trapiche. Con la pasta así fabricada se prepararán las probetas destinadas a ensayes por compresion en moldes cúbicos que se comprimen con 150 golpes de un martinete cuyo martillo de 2 Kg cae desde 0,25 m de altura; las probetas para ensayes por traccion se comprimirán con 120 golpes de un martinete cuyo martillo de 2 Kg cae desde 0,25 m de altura.

Las probetas se dejan en sus moldes durante 24 horas al aire húmedo i se sumerjen en seguida en el agua, pesándolas previamente.

Se prepararán a la vez 12 moldes para ensayes por traccion i 12 para ensayes por compresion, para ensayar por mitades a los 7 i a los 28 dias.

Se tomará como resultado final en cada caso el promedio de las cifras proporcionadas por las 4 probetas que hayan dado coeficientes de resistencia mas altos.

En los ensayes por compresion el esfuerzo será aplicado a las probetas en el sentido normal al de su fabricacion.

Art. 24. **Arena normal.**—La arena normal chilena es una arena cuarzosa natural que tiene granos de feldespato i que se estrae de Punta de Talea, cerca de Carta-

jena. Se usa solo la arena que pasa por el tamiz de 64 mallas por centímetro cuadrado i que queda sobre el tamiz de 144 mallas por centímetro cuadrado.

Tambien se podrá usar para los ensayes la arena normal alemana.

En los casos en que se emplee esta última se anotará esta circunstancia en el certificado de ensaye, indicando las cifras que se hubieren obtenido si se hubiese empleado la arena normal chilena, en vista de las esperiencias comparativas practicadas en el Taller.

### B.—ANÁLISIS QUÍMICOS

Un gramo de cemento secado a 100° en una cápsula de porcelana, se mezcla con algunos centímetros de agua destilada, i se le agregan diez centímetros cúbicos de ácido clorhídrico de densidad 1,19. Las partes insolubles se deshacen mediante una espátula. En seguida, el contenido de la cápsula se evapora a sequedad de un baño de maria.

Art. 25. **Determinacion del anhídrido silícico ( Si O<sub>2</sub> ).**—Al residuo proveniente de la última operacion se añade corta cantidad de ácido clorhídrico i se evapora a sequedad dejando nuevamente la cápsula de porcelana en el baño de maria, a la temperatura de 104 a 106° por espacio de una hora. Se añade en seguida una pequeña porcion de ácido clorhídrico de densidad 1,19 i se deja reposar media hora; se trata despues con agua a la ebullicion, i una vez que el residuo se separe en el fondo de la cápsula se filtra, repitiéndose con el residuo la misma operacion. El residuo restante se lava con agua a 100° hasta la disolucion completa de los cloruros que contenga. El residuo obtenido, anhídrido silícico, se seca i se calcina hasta que dé un peso constante. Una vez terminada esta operacion el residuo debe presentarse de un color blanco de nieve.

Art. 26. **Determinacion de la alúmina i del sesquióxido de fierro.**—La disolucion dejada por la operacion anterior i las aguas usadas en el lavado de filtro se hacen hervir despues de haberle agregado algunas gotas de ácido nítrico; se agrega en seguida amoniaco obteniéndose la separacion de los hidróxidos de aluminio i fierro en forma de un depósito; se hace hervir nuevamente para quitar el amoniaco en exceso hasta que dé reaccion débilmente alcalina. Se filtra rápidamente i el depósito se lava rápidamente con agua a 100° centígrados hasta la disolucion completa de los cloruros. En seguida se disuelve otra vez en ácido nítrico i se vuelve a precipitar por medio del amoniaco, como se indicó ya.

El residuo se lava, i despues de haberlo secado i calcinado se pesa. Este residuo está constituido por la alúmina i el sesquióxido de fierro.

Art. 27. **Determinacion de la cal.**—La disolucion sobrante de la determinacion anterior i las aguas de lavado, se mezclan i neutralizan con ácido clorhídrico. En seguida se añaden cinco centímetros cúbicos de ácido clorhídrico de densidad 1,19 i 20 cm<sup>3</sup> de una disolucion de ácido oxálico cristalizado al 7,5%, i se hace hervir. Al líquido, todavia caliente, se agrega gota a gota una disolucion de amoniaco al 2% has-

ta la neutralizacion del líquido. Se añade al líquido neutralizado un ligero exceso de amoniaco i un poco de oxalato de amonio i se deja reposar durante 24 horas. El precipitado formado se filtra i lava con una disolucion débil de oxalato de amonio.

El residuo obtenido es oxalato cálcico que se seca i calcina fuertemente para transformarlo en óxido cálcico ( $\text{CaO}$ ) i se pesa.

**Art. 28. Determinacion de la magnesia.**—Los filtrados i las aguas de lavado de la determinacion de la cal, se evaporan hasta obtener unos  $700 \text{ cm}^3$ . Se neutraliza en seguida con ácido clorhídrico i se añaden dos gramos de fosfato de sodio ( $\text{Na}_3 \text{PO}_4$ ,  $12 \text{ H}_2 \text{O}$ ) i  $150$  centímetros cúbicos de amoniaco concentrado; se remueve durante unos cinco minutos, mientras se enfria i se deja reposar durante 24 horas. El precipitado formado se filtra i lava con disolucion de amoniaco al 2% i por fin se seca, se calcina i se pesa el pirofosfato de magnesio ( $\text{Mg}_2 \text{P}_2 \text{O}_7$ ) resultante.

**Art. 29. Determinacion del anhídrido sulfúrico.**—Con un gramo de cemento secado de antemano, se efectúan las mismas operaciones indicadas en la determinacion de la sílice. La disolucion proveniente de la separacion final del anhídrido silíceo por filtracion, se trata a la ebullicion con una disolucion de cloruro bárico cristalizado ( $\text{Ba Cl}_2 \cdot 2 \text{ H}_2 \text{O}$ ) al 5% para obtener un precipitado de sulfato bárico ( $\text{Ba SO}_4$ ). Se coloca en un baño maria por espacio de cuatro horas, se decanta i se lava el precipitado con agua que contenga algo de ácido clorhídrico. Se deja reposar algun tiempo, se decanta otra vez para tratar el precipitado a la ebullicion con ácido clorhídrico mui diluido. En seguida se filtra, se calcina i se pesa con las precauciones necesarias.

**Art. 30. Separacion del sesquióxido de hierro de la alúmina.**—En el filtrado de la determinacion anterior junto con los líquidos de las decantaciones se separan los hidróxidos de aluminio i hierro como se hace en la determinacion de estos cuerpos.

El precipitado constituido por los hidróxidos de aluminio i de hierro se disuelve en ácido clorhídrico diluido. Se hace hervir i se vierte con precaucion en una cápsula de plata que contenga una disolucion caliente de 10 a 15 gramos de hidróxido sódico i  $150 \text{ cm}^3$  de agua; se hace hervir en seguida un cuarto de hora. El precipitado se filtra i lava para disolverlo despues en ácido nítrico. Se precipita nuevamente con un exceso de amoniaco, se filtra, se lava, seca i calcina, obteniéndose entónces el sesquióxido de hierro.

**Art. 31. Determinacion de la alúmina.**—Habiendo determinado la alúmina en conjunto con el sesquióxido de hierro, i este último aisladamente, se obtiene la porcion de alúmina por diferencia.

**Art. 32. Determinacion del azufre.**—Se opera sobre una nueva cantidad de cemento secado a  $100^\circ$  centígrados; cinco gramos se colocan en una cápsula de porcelana con una mezcla de ácido clorhídrico i agua de bromo i se somete al baño de maria para evaporar a sequedad; se repite el mismo tratamiento i con el residuo se opera como con el anhídrido silíceo.

Enseguida se agrega al filtrado cloruro bárico i la desecacion i calcinacion del sul-

fato bórico se efectúan de la manera anteriormente indicada. Su peso da la proporción de azufre, tomando en consideración el resultado de la determinación del anhídrido sulfúrico.

Art. 33. **Determinación de las materias insolubles.**—El residuo obtenido en la última operación se hace hervir una hora con una solución de carbonato sódico. ( $\text{Na CO}_3$ ,  $10 \text{ H}_2 \text{ O}$ ) al 5% en una cápsula de porcelana. En seguida se filtra i lava con la misma solución hasta que ésta no produzca opalización con una disolución concentrada de cloruro de amonio. Se lava despues con agua que contenga algo de ácido clorhídrico i por fin con agua destilada hasta la eliminación completa del cloro. Terminado el lavado, se seca, se calcina i se pesa.

Art. 34. **Pérdidas por calcinación.**—Se calcina un gramo de cemento en un crisol de platino. La calcinación se efectúa elevando la temperatura poco a poco hasta que el peso del residuo quede constante. La diferencia de peso corresponde a las pérdidas por calcinación.