

Cementos hidráulicos — Determinación de la resistencia a la compresión en morteros usando especímenes cúbicos de 50 mm (2") de lado

ANTEPROYECTO

Advertencia

Este documento no es una Norma Nacional NORDOM. Se distribuye para su revisión y comentarios. Está sujeto a cambios sin previo aviso y no puede ser referido como un Estándar Internacional.

Los destinatarios de este borrador están invitados a enviar, con sus comentarios, la notificación de cualquier derecho de patente relevante del que tengan conocimiento y proporcionar documentación de respaldo.

Contenido

Prefacio	iii
1 Objeto y campo de aplicación.....	1
1.1 Objeto.....	1
1.2 Campo de aplicación.....	1
2 Referencias normativas.....	1
3 Términos y definiciones.....	2
4 Equipos.....	2
4.1 Balanzas	2
4.2 Tamices	2
4.3 Probetas graduadas.....	3
4.4 Moldes de las muestras	3
4.5 Mesa y molde de flujo.....	4
4.6 Compactador	4
4.7 Plana de albañil	4
4.8 Máquina de ensayos.....	4
4.9 Mezcladora, tazón y paleta.....	4
5 Equipos.....	5
6 Condiciones de ensayo.....	5
7 Preparación de las muestras.....	5
7.1 Elaboración de los cubos de ensayos.....	5
7.2 Preparación de los moldes para muestras.....	6
7.3 Dosificación, consistencia y mezclado de los morteros.....	6
7.4 Moldeo de las muestras de ensayos	7
7.5 Almacenamiento y conservación de las muestras.....	8
8 Procedimiento	8
9 Expresión de los resultados.....	9
10 Determinación de la resistencia a la compresión.....	9
11 Fórmula de cálculo para determinar la resistencia	9
12 Informe del ensayo.....	10
Bibliografía	11

Prefacio

El Instituto Dominicano para la Calidad (INDOCAL) es el organismo oficial que tiene a su cargo el estudio y preparación de las Normas Dominicanas (NORDOM) a nivel nacional. Es miembro de la Organización Internacional de Normalización (ISO), Comisión Internacional de Electrotécnica (IEC), Comisión del Codex Alimentarius, Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT), representando a la República Dominicana ante estos Organismos.

La norma **NORDOM 366(3^{ra} Rev.) Cementos hidráulicos. Determinación de la resistencia a la compresión en morteros usando especímenes cúbicos de 50 mm (2") de lado** ha sido preparada por la Dirección de Normalización del Instituto Dominicano para la Calidad (INDOCAL).

La decisión de revisar esta norma surgió de la necesidad de tener un documento actualizado, pues esta norma entró en vigencia desde el año 2013 y había sobrepasado el tiempo establecido para su revisión, por haber cumplido el período de cinco años de vigencia.

El estudio de la citada norma estuvo a cargo del Comité Técnico **91-1 Cementos hidráulicos**, integrado por representantes de los sectores de producción, consumo y técnico, quienes iniciaron su trabajo tomando como base la norma **ASTM C109-20b Método de ensayo. Determinación de la resistencia a la compresión en morteros usando especímenes cúbicos de 50 mm o (2") de lado** de la cual partió la propuesta de norma, a ser estudiada en el comité.

Dicha propuesta de norma fue aprobada como anteproyecto por el comité técnico de trabajo, en la reunión **No. 96 de fecha 10 de septiembre de 2021** para ser enviada a encuesta pública, por un período de 60 días.

Formaron parte del Comité Técnico, las entidades y personas naturales siguientes:

PARTICIPANTES:

Alcides Rodríguez

Kirsy A. Ravelo
Miguel Berroa
Francisco Ortiz

Luz Castro

Ney Piña

Cristian González
Scarlet Peguero

Katherine Martínez
Michael Vásquez

Oscar Peralta

Julissa Báez

REPRESENTANTES DE:

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
(MOPC)

CEMEX Dominicana

Comisión Nacional de Defensa de la Competencia
(PROCOMPETENCIA)

Cementos Santo Domingo

Instituto Nacional de Protección de los Derechos
del Consumidor (Pro Consumidor)

Argos Dominicana

Técnico independiente

Asociación Dominicana de Productores de
Cementos Portland (ADOCEM)

Fausto Cabrera

Jesús Miguel Lebrón
Juan José Peña

Santiago Juliao
Luis Capellán

Fabio Terrero
Claudia Alonzo

Cementos Cibao

DOMICEM

Baumas Group
Cementos Panam

Istituto Dominicano para la Calidad (INDOCAL)

Cementos hidráulicos — Determinación de la resistencia a la compresión en morteros usando especímenes cúbicos de 50 mm (2") de lado

1 Objeto y campo de aplicación

1.1 Objeto

Esta norma establece, el método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión de morteros de cementos hidráulicos, usando especímenes cúbicos de 50 mm (2") de lado.

1.2 Campo de aplicación

1.2.1 Esta norma es aplicable a los cementos hidráulicos y cementos Portland.

1.2.2 Esta norma no pretende considerar todos los riesgos asociados a la seguridad, si existieran, asociados al cemento. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer las prácticas de seguridad y salud; y determinar la aplicación de las limitaciones reglamentarias ante su uso. Así como la prevención de riesgos de contaminación al medio ambiente, en la manipulación y disposición de los residuos de cada una de las pruebas o ensayos realizados.

2 Referencias normativas

Los siguientes documentos se mencionan en el texto de tal manera que parte o todo su contenido constituyen requisitos de este documento. Para las referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha, se aplica la última edición del documento referenciado (incluidas las enmiendas).

NORDOM 100, Sistema internacional de unidades

NORDOM 137, Cementos hidráulicos. Terminología y definiciones

NORDOM 178, Cementos hidráulicos. Cemento Portland. Especificaciones y clasificaciones

NORDOM 180, Cementos hidráulicos. Método para la obtención de pastas y morteros, de consistencia plástica por mezcla mecánica

NORDOM 375, Cementos hidráulicos. Método para determinar la fluidez de morteros. Descripción de la mesa de flujo

NORDOM 757, Método de ensayos químicos de los cementos hidráulicos

NORDOM 792, Cuartos de mezclado, cuartos húmedos y tanques para el almacenamiento de agua, empleados en los ensayos de cementos hidráulicos y hormigones

NORDOM 793, Masas de referencia y equipos para determinar masa y volúmenes para uso en ensayos físicos de cementos hidráulicos

ASTM C91, Cemento de mampostería. Especificaciones

ASTM C150, Especificación para el cemento Portland

ASTM C349, Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cementos hidráulicos (usando porciones de prismas rotos por flexión)

ASTM C595, Especificación para los cementos hidráulicos mezclados

ASTM C618, Ceniza volante de carbón y puzolana natural o calcinada para uso en el concreto

ASTM C670, Práctica para la preparación de declaraciones de precisión y sesgo para métodos de ensayos de materiales de construcción

ASTM C778, Especificación para arena normalizada

ASTM C 989, Especificación de cemento de escoria para para uso en el concreto y mortero

ASTM C1157, Especificaciones por desempeño de cemento hidráulico

ASTM C1328, Especificaciones para el cemento plástico (Estuco)

ASTM C1329, Especificaciones para el mortero de cemento

ASTM C1437, Método de ensayo para determinar el flujo de un mortero de cemento hidráulico

ASTM E4, Práctica para la verificación de la fuerza de las máquinas de ensayos

3 Términos y definiciones

A los efectos de este documento, se aplican los términos y definiciones dados en: NORDOM 137. Cementos hidráulicos. Terminología y definiciones, y el siguiente

3.1

Flujo

Es el aumento en el diámetro promedio de la masa de mortero. Este aumento será determinado con un calibrador y medido tomando por lo menos 4 diámetros, a intervalos equidistantes y expresado como un porcentaje del diámetro original.

4 Equipos

4.1 Balanzas

Preferiblemente digital con capacidad mínima de 2 000 g. De conformidad con la ASTM C1005.

4.2 Tamices

Tabla — 1 Tamices

149 micras	ASTM # 100
297 micras	ASTM # 50
425 micras	ASTM # 40
595 micras	ASTM # 30
19 mm	ASTM # 16

4.3 Probetas graduadas

Que tengan suficiente capacidad para medir el agua de mezclado en una sola operación y con una exactitud de $\pm 2 \text{ cm}^3$ a 20°C .

4.3.1 Deberán tener sub-divisiones de al menos 5 mL, pero las líneas de graduación pueden ser omitidas para los 10 mL inferiores para probetas graduadas de 250 mL y para los 25 mL inferiores para probetas graduadas de en los 500 mL

4.3.2 Las líneas de graduación principales deberán ser circunferencias y estar numeradas.

4.3.3 Las graduaciones intermedias se deberán extender por lo menos un quinto de circunferencia.

4.3.4 Las graduaciones menores se deberán extender por lo menos un séptimo de circunferencia de la probeta.

4.4 Moldes de las muestras

4.4.1 Los moldes para las muestras cúbicas de 50 mm (2") de lado no deberán tener más de 3 compartimientos cúbicos y deberán ser separables en no más de dos partes.

4.4.2 Las partes de los moldes, al ser ensambladas deberán quedar sujetas firmemente.

4.4.3 Los moldes deberán ser de metal duro que no sea atacado por el mortero de cemento.

4.4.4 La dureza Rockwell del metal no deberá ser menor de 55 HRB.

4.4.5 Los lados de los moldes deberán ser lo suficientemente rígidos para impedir alabeos. (Ver tabla 2).

Tabla 2 — Valoraciones admisibles de moldes de especímenes

Parámetro	Moldes cúbicos de 50 milímetro		Moldes cúbicos de 2 pulgada	
	Nuevo	En uso	Nuevo	En uso
Planicidad de los lados	< 0.025 milímetro	< 0.05 milímetro	< 0.001 pulgada	< 0.002 pulgada
Distancia entre lados opuestos	(50 milímetro \pm 0.13 milímetro)	(50 milímetro \pm 0.50 milímetro)	2 pulgada \pm 0,005	2 pulgada \pm 0.02
Altura de cada compartimiento	(50 milímetro + 0.25 milímetro a - 0.13 milímetro)	(50 milímetro + 0.25 milímetro a - 0.38 milímetro)	2 pulgada + 0.01 pulgada a - 0.005 pulgada	2 pulgada + 0.01 a - 0.015 pulgada
Angulo entre las caras adyacentes ^A	$90^\circ \pm 0,5^\circ$	$90^\circ \pm 0,5^\circ$	$90^\circ \pm 0,5^\circ$	$90^\circ \pm 0,5^\circ$
^A Medidos en puntos ligeramente fuera de la intersección. Medido separadamente para cada compartimiento entre todas las caras interiores y la cara adyacente y entre las caras interiores y los planos superiores e inferiores del molde.				

4.5 Mesa y molde de flujo

Conforme a lo especificado en la NORDOM 375(ver capítulo 2).

4.6 Compactador

De un material no absorbente, no quebradizo, resistente a la abrasión, tal como un compuesto de goma con una dureza de 80 ± 10 , medida en el durómetro Shore escala A, o madera de roble tratada e impermeabilizada por inmersión durante 15 min, en parafina a una temperatura de aproximadamente 200 °C. De una sección transversal de 13 mm x 25 mm y una longitud de 120 mm a 150 mm. La cara del compactador deberá ser plana y normal a su eje.

4.7 Plana de albañil

Que tenga una hoja de acero de 100 mm a 150 mm de largo con cantos rectos.

4.7.1 Cuarto de mezclado, cuartos húmedos y tanques de almacenamiento, conforme a lo especificado en la NORDOM 792(ver capítulo 2).

4.8 Máquina de ensayos

4.8.1 La máquina de ensayo puede ser del tipo hidráulico o de tornillo, con espacio suficiente entre la superficie inferior de carga para permitir el uso de aparatos de verificación.

4.8.2 La carga aplicada a la muestra de ensayos se deberá indicar con una exactitud de $\pm 1.0 \%$.

4.8.3 El centro de la esfera deberá coincidir con el centro de la superficie del bloque que se pone en contacto con el mismo.

4.8.4 El bloque deberá estar sujeto ajustadamente en el asiento esférico, pero con libertad de girar en cualquier dirección.

4.8.5 La diagonal o el diámetro de la superficie de carga, deberán ser ligeramente mayor (aproximadamente 8.0 cm) que la diagonal de la cara del cubo de 5 cm (2") de lado, para facilitar un centrado exacto de la muestra.

4.8.6 Se deberá usar un bloque de carga, de metal duro, debajo de la muestra para disminuir el desgaste de la placa inferior de la máquina.

4.8.7 Las superficies de los bloques de carga que estén en contacto con la muestra deberán tener una dureza Rockwell no menor de 60 HRC.

Estas superficies deberán ser planas con una tolerancia no mayor de 0.013 mm cuando los bloques son nuevos y deberán mantenerse dentro de una tolerancia de 0.025 mm.

4.9 Mezcladora, tazón y paleta

Conforme a lo especificado en la NORDOM 180.

5 Equipos

5.1 Tubo saca muestras rasurado

Estará constituido por dos tubos concéntricos ranurados de bronce o de latón, de secciones circulares. Los tubos deberán tener una superficie cilíndrica de contacto y el ajuste entre los efectos de permitir la abertura o el cierre de las ranuras, que tendrán el ancho adecuado y estarán dispuestas a lo largo de una misma generatriz en toda su longitud. El diámetro exterior será de aproximadamente 35 mm y la longitud estará comprendida entre 1.50 m y 1.80 m, el extremo que penetra en el cemento estará obturado y terminará en una punta afilada para facilitar su inserción.

6 Condiciones de ensayo

6.1 La temperatura del área de ensayo de los materiales secos, moldes, placas de base y recipientes de mezclado, deberá mantenerse entre $23\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$.

6.2 La temperatura del agua de mezclado, cuarto húmedo y el agua en el tanque de almacenamiento deberá ser de $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

6.3 La humedad relativa del laboratorio deberá ser mayor de 50 %.

6.4 La Cámara de curado deberá tener una humedad relativa mayor de 95 % y deberá ser construido de tal manera que tenga facilidades de almacenamiento para los cubos de ensayo. Conforme a lo especificado en la NORDOM 792 (ver capítulo 2).

7 Preparación de las muestras

Se ensayarán 2 o más cubos para cada edad de ensayo especificada en la tabla No. 3.

7.1 Elaboración de los cubos de ensayos

7.1.1 Arena normalizada gradada.

7.1.1.1 Deberá ser arena natural de sílice (mínimo 98 %), conforme a lo especificado en la ASTM 778 (ver capítulo 2).

7.1.1.2 Para el análisis granulométrico de la arena, se toma el contenido de un saco original de 22 700 g (50 lb), se mezcla y se cuartea hasta obtener 700 g y de esta muestra se obtiene por cuarteo sucesivos, una muestra de 100 g, con la cual se hace un cernido en cada uno de los tamices como un porcentaje en masa de la muestra original. (Ver tabla 3).

Tabla 3 — Composición granulométrica del tamizado

Tamiz	Arena gradada
	% pasante
1.18 mm (No 16)	100
850 micras (No 30)	-
600 micras (No 30)	96 a 100
425 micras (No 40)	60 a 75
300 micras (No 50)	16 a 30
150 micras (No 100)	0 a 4
Diferencia en el contenido de aire de los morteros hechos con arena lavada y sin lavar máximo % de aire ^A	1.5
^A Esta determinación es necesaria cuando se sospecha contaminación de arena es como se especifica en el numeral 8.1 ASTM C778	

7.2 Preparación de los moldes para muestras

7.2.1 Se cubren las caras interiores de los moldes con una capa delgada de aceite mineral o grasa liviana.

7.2.2 Se cubren las superficies de contacto entre las mitades de cada molde con una capa delgada de un aceite mineral pesado o una grasa liviana tal como petrolatum.

7.2.3 Se ensamblan los moldes y se elimina el exceso de aceite o grasa de las caras interiores y de las superficies superior e inferior de cada molde.

7.2.4 Se colocan los moldes sobre placas planas y no absorbentes, que se han cubierto previamente con una capa delgada de aceite mineral, petrolatum o grasa liviana.

7.2.5 Se aplica a las líneas de contacto exteriores de los moldes y las planchas de base, una capa de aceite mineral o petrolatum para obtener juntas herméticas entre los moldes y las placas.

7.3 Dosificación, consistencia y mezclado de los morteros

7.1.3.1 Las proporciones de los materiales secos del mortero normalizado deberán ser: Una parte de cemento a 2.75 partes de arena gradada normalizada en masa.

7.1.3.2 Se deberá usar relación agua-cemento de 0.485 para todos los cementos referidos en la NORDOM 178. Para un requerimiento puntual, determinar la fluidez del cemento.

7.1.3.3 Se mezclan a la vez las siguientes cantidades de materiales en la mezcla de mortero para elaborar seis y nueve cubos. (Ver tabla 4).

Tabla 4 — Dosificación de materiales

Materiales	No. de cubos		
	6	9	12
Cemento(g)	500	740	1 060
Arena(g)	1 375	2 035	2 915
Agua(mL)	242	359	514

7.1.3.4 El mezclado deberá hacerse mecánicamente según el procedimiento descrito en la norma NORDOM 180.

7.1.3.5 Al finalizar el mezclado se sacude la paleta del mezclador para devolver el mortero en exceso al recipiente.

7.4 Moldeo de las muestras de ensayos

7.4.1 Se deja el mortero en reposo en el recipiente de mezclado durante 90 segundos, luego se mezcla de nuevo todo el mortero durante 15 segundos a velocidad media antes de comenzar el moldeo de los cubos.

7.4.2 Se devuelve rápidamente el mortero que ha podido acumularse en el contorno del recipiente y se mezcla la masa durante 15 segundos a velocidad media.

7.4.3 Se comienza a moldear los cubos dentro de un intervalo de tiempo no mayor de 2.5 minutos después de completar el primer mezclado de la masa de mortero.

7.4.4 Se coloca una capa de mortero de aproximadamente 2.5 cm de espesor en todos los compartimientos cúbicos.

7.4.5 Se compacta el mortero en cada compartimiento cúbico 32 veces por capas en alrededor de 10 segundos. Esto se hace en 4 vueltas y cada vuelta será en ángulo recto con la anterior como lo indica la figura 1.

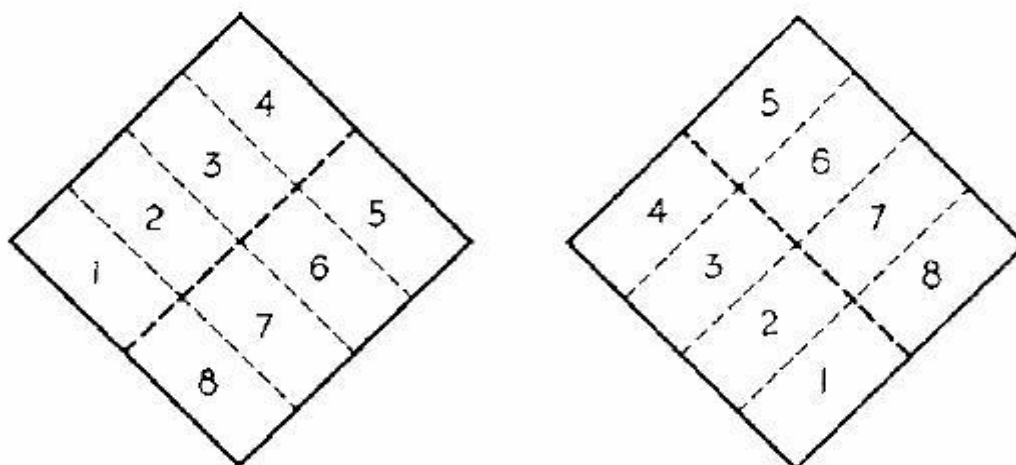


Fig. 1 — Orden de compactación en el moldeo de las muestras de ensayo

7.4.6 La presión de compactación deberá ser la suficiente para asegurar un llenado uniforme de los moldes.

7.4.7 Se deberán completar las 4 vueltas de compactación (32 golpes) del mortero en un cubo antes de pasar al próximo.

7.4.8 Cuando se haya completado la compactación de la primera capa en todos los compartimientos cúbicos se llenan los compartimientos con el mortero restante y se compacta igual que la primera capa.

7.4.9 Durante la compactación de la segunda capa se devuelve el mortero que haya rebosado sobre la parte superior del molde con ayuda del compactador, después de cada vuelta de compactación. Al completar la compactación el mortero deberá sobresalir ligeramente de los moldes.

7.4.10 Se alisan los cubos pasando la plana, con la punta ligeramente levantada, una sola vez por la superficie de cada cubo y en ángulo recto con el largo del molde.

7.4.11 Con el fin de nivelar el mortero, se pasa la plana de albañil (con la punta ligeramente levantada), suavemente a lo largo del molde.

7.4.12 Se enrasa el mortero con el tope del molde pasando la orilla recta de la plana de albañil, colocada casi perpendicularmente del molde, con un movimiento de vaivén a lo largo del mismo.

7.4.13 Si se va a elaborar una segunda mezcla para cubos adicionales se deberá utilizar el procedimiento ya antes mencionado.

7.5 Almacenamiento y conservación de las muestras

7.5.1 Inmediatamente después de completar el moldeo, se colocan los cubos de ensayo en la cámara de curado.

7.5.2 Se mantienen en sus moldes sobre la plancha de base en una cámara de curado durante 20 hora a 24 horas con sus superficies superiores expuestas al aire húmedo protegidas de goteras de agua.

7.5.3 Los cubos que se analizaran a 3 días, y 28 días se introducen en una pileta o tanque de curado, conforme a lo especificado en la NORDOM 792.

NOTA 1 Deben identificarse los cubos sujetos a ensayos.

NOTA 2 La cámara húmeda para el curado de las muestras deberá ser de un material resistente a la corrosión y el tanque de almacenamiento tendrá la altura suficiente de tal manera que las muestras queden sumergidas en el agua totalmente.

8 Procedimiento

a) Se ensayan las muestras inmediatamente después de sacarlas de la cámara húmeda en el caso de las muestras de 24 horas, o del agua de almacenamiento en todos los demás casos.

b) Los moldes se conservan limpios y los instrumentos con los cuales se limpian deberán ser de un material más suave que el material con que estos se hayan fabricado para evitar que se deterioren.

c) En caso de ser necesario pulir las caras de las muestras, se deberá usar papel de lija fina hasta obtener una superficie plana usando una presión moderada. Cuando deban rebajarse más de unas cuantas decimas de milímetros se recomienda desechar las muestras. (Ver apartado d). Se aplica la carga a las dos caras de las muestras que estaban en contacto con las superficies planas del molde.

d) Se coloca el cubo en la máquina de ensayo debajo del centro del bloque de asiento superior. No se deberán usar materiales de amortiguación.

e) Se aplica una carga inicial a cualquier velocidad conveniente hasta la mitad de la carga máxima para muestras que tienen carga máxima estimada de más de (1 350 kg) 1.350 N. No se aplica ninguna carga inicial a muestras que tienen cargas máximas estimadas en menos de (1 350 kg). 1.350 N.

f) No se hacen ajustes en los controles de la máquina de ensayo mientras una muestra está cediendo rápidamente, justo antes de la falla.

9 Expresión de los resultados

9.1 Se anota la carga total máxima indicada por la máquina y se calcula una resistencia a la compresión en MPa (psi).

9.2 Los cubos que resulten defectuosas o que difieren en más del 10 % del valor promedio de todos los especímenes elaborados de la misma muestra y ensayada a la misma edad, no se deberán considerar para el cálculo de la resistencia a compresión.

9.3 Si después de rechazar los valores de resistencia y/o muestras, quedan menos de dos valores para calcular la resistencia a compresión en cualquier período, se deberá hacer un nuevo ensayo.

9.4 La resistencia a compresión de todas las muestras de ensayo aceptables hechas de la misma muestra y ensayadas a la misma edad, se deberá promediar y el promedio se deberá anotar con aproximación de 0.1 MPa (10 psi).

10 Determinación de la resistencia a la compresión

10.1 Analizar los especímenes inmediatamente después de sacarlos del gabinete húmedo en el caso de especímenes de 24 h, y del agua de almacenaje en el caso de todos los, otros especímenes. Todos los especímenes de ensayo para edad de ensayo dada deberán ser rotos dentro de la tolerancia permisible.

Tabla 4 — Tolerancia permisible

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24 h	± ½ h
3 día	± 1 h
7 día	± 3 h
28 día	± 12 h

11 Fórmula de cálculo para determinar la resistencia

11.1 Registre la carga total máxima indicada por la máquina de ensayo y calcule la resistencia a la compresión como sigue:

$$F_m = P/A \quad (1)$$

Donde:

F_m es la resistencia a la compresión en o (MPa) o psi.

P es carga total máxima en (N) o lbf.

A es área de superficie cargada milímetro² o (pulgada²)

11.2 Si el área de sección transversal de un espécimen varía más del 1.5 % de la nominal utilice el área real para el cálculo de la resistencia a la compresión.

12 Informe del ensayo

Se elaborará un informe que contenga los siguientes datos:

12.1 Fecha de realización del ensayo.

12.2 Fecha de elaboración del producto.

12.3 Resistencia a la compresión.

12.4 Nombre del operario.

Bibliografía

- [1] ASTM C109-20 Standard test method for compressive strength of hydraulic cement mortars (Using 2-in or [50-mm] cube specimens)
- [2] ASTM C778 - 17 Standard specification for standard sand
- [3] UNI EN 196-1: Método de prueba de los cementos – Determinación de la resistencia mecánica