

## Designación ASTM C 94/C 94M – 03a

### Especificaciones normalizadas para el hormigón premezclado<sup>1</sup>

Esta norma ha sido editada con la designación C 94/C 94M; el número que sigue inmediatamente a la designación señala su año de adopción original o, en caso de revisión, el año de la última revisión. Un número en paréntesis indica el año de la última aprobación. Una letra epsilon en superíndice ( $\epsilon$ ) señala un cambio editorial desde la última revisión o aprobación.

*Esta especificación ha sido aprobada para ser utilizada por los organismos pertenecientes al Departamento de Defensa*

<sup>1</sup> Nota – Se actualizaron los documentos mencionados en la Sección 2 y otras, en julio de 2003.

#### 1. Alcance

1.1 Esta especificación cubre los requerimientos para la fabricación del hormigón premezclado, fabricado y entregado a un comprador como mezcla en estado fresco y sin fraguar como aquí se especifica. Los requerimientos de calidad del hormigón deben ser los aquí especificados o como los especifique el comprador. En todos los casos en que los requerimientos del comprador difieran de los señalados en esta especificación, regirá la especificación del comprador. Esta especificación no cubre la colocación, compactación, curado o protección del hormigón después de su entrega al comprador.

1.2 Los valores establecidos en unidades del SI (entre paréntesis) o en unidades pulgadas - libras deben observarse separadamente como norma para realizar esta especificación. Los valores establecidos en cada sistema pueden no ser exactamente equivalentes; por lo tanto, deben ser usados en forma independiente. La combinación de los valores de ambos sistemas puede llevar a no conformidades con la especificación.

1.3 En esta especificación se define como fabricante al contratista, subcontratista, proveedor o productor que entregue el hormigón premezclado. Se define como comprador al propietario de la obra o a su representante.

1.4 Esta especificación hace referencia a notas y pie de páginas que entregan un material de carácter explicativo. Estas notas y pie de páginas (excluyendo las tablas y figuras) no se consideran requisitos de esta especificación.

#### 2. Documentos de referencia

##### 2.1 Normas ASTM:

C 31/C 31M Práctica normalizada para la preparación y curado en obra de probetas para ensayo del hormigón.<sup>2</sup>

C 33 Especificación de los áridos para el hormigón.<sup>2</sup>

C 39/C 39M Método de ensayo normalizado para determinar la resistencia a la compresión de las probetas cilíndricas de hormigón.<sup>2</sup>

C 109/C 109M Test Method for Compressive Strength of Hydraulic cement Mortars (Using 2-in or 50 mm Cube Specimens).<sup>3</sup>

C 138 Método de ensayo normalizado para determinar la densidad (peso unitario), volumen producido y contenido de aire del hormigón por el método gravimétrico.<sup>2</sup>

C 143/C 143M Método de ensayo normalizado para determinar el descenso de cono del hormigón elaborado con cemento hidráulico.<sup>2</sup>

C 150 Especificación para el cemento portland.<sup>3</sup>

C 172 Práctica normalizada para el muestreo de la mezcla de hormigón fresco.<sup>2</sup>

C 173/C 173M Método de ensayo normalizado para determinar el contenido de aire del hormigón fresco por el método volumétrico.<sup>2</sup>

C 191 Test Method for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle.<sup>3</sup>

C 231 Método de ensayo normalizado para determinar el contenido de aire del hormigón fresco por el Método de Presión.<sup>2</sup>

C 260 Specification for Air-Entraining Admixtures for Concrete.<sup>2</sup>

C 330 Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete.<sup>2</sup>

C 494/C 494M Specification for Chemical Admixtures for Concrete.<sup>2</sup>

C 567 Test Method for Determining Density of Structural Lightweight Concrete.<sup>2</sup>

C 595 Especificación normalizada para los cementos hidráulicos combinados.<sup>3</sup>

C 618 Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Concrete.<sup>2</sup>

C 989 Especificación normalizada de la escoria granulada de alto horno para hormigones y morteros.<sup>2</sup>

C 1017/C 1017M Specification for Chemical Admixtures for Use in Producing Flowing Concrete.<sup>2</sup>

C 1064/C 1064M Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura del hormigón fresco con cemento Portland.<sup>2</sup>

C 1077 Practice for Laboratories Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Laboratory Evaluation.<sup>2</sup>

C 1157 Performance Specification for Hydraulic cement.<sup>3</sup>

D 512 Test Methods for Chloride Ion in Water.<sup>4</sup>

D 516 Test Method for Sulfate Ion in Water.<sup>4</sup>

## 2.2 Documentos del ACI:<sup>5</sup>

CP-1 Manual del Técnico en ensayos de hormigón fresco en obra, Grado 1.

211.1 Práctica normalizada para seleccionar las dosificaciones para los hormigones de peso normal y pesados y los hormigones en masa.

211.2 Standard Practice for Selecting Proportions for Structural Lightweight Concrete.

301 Standard Specifications for Structural Concrete.

305R Hot Weather Concreting

306R Cold Weather Concreting

318 Código de Diseño de Hormigón Armado

## 2.3 Otros Documentos:

Bureau of Reclamation Concrete Manual.<sup>6</sup>

AASHTO T 26 Method of Test for Quality of Water to be Used in Concrete.<sup>7</sup>

## 3. Unidad base para la compra

3.1 La unidad base para la compra de hormigón fresco, sin fraguar descargado de la mezcladora deberá ser la yarda cúbica o el metro cúbico.

3.2 El volumen de hormigón fresco y sin fraguar de una amasada en particular deberá ser determinado con la masa total de la amasada dividida por el volumen unitario de la masa del hormigón. La masa total de la amasada deberá calcularse ya sea como la suma de las masas de todos los materiales que integran la mezcla, incluyendo el agua, o como la masa neta del hormigón en la amasada al entregarse. El volumen unitario en masa deberá determinarse de acuerdo con el Método de Ensayo C 138/C 138M, con el promedio de al menos tres mediciones, cada una de una muestra diferente, usando un recipiente de 1/2 ft<sup>3</sup> (14 L<sup>3</sup>). Cada muestra debe tomarse de la parte media de tres camiones distintos como lo estipula el procedimiento de la Práctica C 172.

Nota 1 - Debe entenderse que el volumen de hormigón endurecido puede ser o aparentar ser menor que el esperado debido a desperdicio, derramamiento, sobreexcavación, ensanchamiento de los moldajes, algo de pérdida del aire incorporado o sedimentación de mezclas húmedas. Ninguno de estos factores es responsabilidad del productor.

## 4. Información para hacer un pedido

4.1 Ante la falta de especificaciones generales aplicables, deben regir las siguientes especificaciones:

4.1.1 Tamaños designados para los áridos gruesos.

4.1.2 Descensos de cono deseados en el punto de entrega (véase Sección 6 para las tolerancias de aceptación).

4.1.3 El contenido de aire de las muestras tomadas en el punto de descarga de la unidad de transporte, si se especifica hormigón con aire incorporado, (véase Sección 7 y Tabla 1 para el contenido total de aire y tolerancias) (Nota 2).

4.1.4 Cual de las alternativas A, B ó C debe usarse como base para determinar las dosificaciones del hormigón a fin de producir la calidad requerida,

4.1.5 La masa por volumen unitario como masa húmeda, masa secada al aire, o masa secada al horno (Nota 3), si se especifica hormigón liviano.

Nota 2 - Al seleccionar el contenido de aire especificado, el comprador debe considerar las condiciones ambientales a que estará expuesto el hormigón. Los contenidos de aire menores a los señalados en la Tabla 1 pueden no producir la resistencia requerida al congelamiento y deshielo, que es la finalidad principal del hormigón con aire incorporado. Los contenidos de aire mayores a los niveles señalados pueden reducir la resistencia sin contribuir a mejorar la durabilidad.

<sup>1</sup> Este método de ensayo se encuentra bajo la jurisdicción del Comité C09 de la ASTM sobre Hormigón y Áridos para Hormigón y es de responsabilidad directa del Subcomité C09.40 sobre Hormigón Premezclado.

La presente edición fue aprobada con fecha 10 de julio de 2003. Publicada en octubre de 2003. Originalmente aprobada en 1933. La edición anterior fue aprobada en 2003 como C 94/C 94M-03.

<sup>2</sup> Anuario de normas ASTM, Vol. 04.02

<sup>3</sup> Anuario de normas ASTM, Vol. 04.01

<sup>4</sup> Anuario de normas ASTM, Vol. 11.01

<sup>5</sup> Disponible en el American Concrete Institute, 38800 Country Club Drive, Farmingtoh Hills, MI 48331.

<sup>6</sup> Disponible en el Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office, Washington, Dc 20402.

<sup>7</sup> Disponible en la American Association of State Highway and Transportation Officials, 444 N. Capitol St., NW, Suite 225, Washington, DC 20001.

**Tabla 1 - Contenido Total de aire recomendado para el hormigón con aire incorporado<sup>A, B</sup>**

Condición de exposición <sup>C</sup>	Contenido total de aire, %						
	Tamaño máximo nominal del árido, pulg (mm)						
	3/8 (9,5)	1/2 (12,5)	3/4 (19,0)	1 (25,0)	1 1/2 (37,5)	2 (50,0)	3 (75,0)
Suave	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5
Moderada	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5
Severa	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5

<sup>A</sup> Para hormigón con aire incorporado, si se especifica.

<sup>B</sup> A menos que las condiciones de exposición requieran otra cosa, se permite reducir los contenidos de aire recomendados hasta un 1% para hormigones con resistencia especificada a la compresión,  $f'_c$ , de 5000 psi (35 MPa) o más.

<sup>C</sup> Para las condiciones de exposición, refiérase a la Práctica normalizada ACI 211.1, Sección 6.3.3, poniendo atención a las notas al pie.

Nota 3 - La masa por volumen unitario de hormigón fresco, que es la única masa unitaria determinable al momento de la entrega, es siempre mayor que la masa secada al aire o que la masa secada al horno. Las definiciones y los métodos para determinar o calcular las masas secadas al aire o al horno, se encuentran en el Método de ensayo C 567.

#### 4.2 Alternativa A:

4.2.1 Cuando el comprador requiere que el proveedor asuma la responsabilidad total de la selección de la dosificación para la mezcla de hormigón (Nota 4), el comprador también deberá especificar lo siguiente:

4.2.1.1 Los requerimientos para la resistencia a la compresión será determinada con muestras tomadas de la unidad de transporte en el punto de descarga y evaluados de acuerdo con la Sección 17. El comprador deberá especificar los requerimientos en términos de la resistencia a la compresión de probetas estándar curadas en condiciones de laboratorio estándar para curado en húmedo (véase la Sección 17). A menos que se especifique algo diferente, la edad del hormigón al momento del ensayo debe ser de 28 días.

Nota 4 - El comprador, al seleccionar los requerimientos de los cuales asume responsabilidad, debe tomar en cuenta los requerimientos de trabajabilidad, colocación, durabilidad, textura de la superficie y densidad, además de los requerimientos del diseño estructural. El comprador debe referirse a las Prácticas ACI 211.1 y ACI 211.2 para la selección de las dosificaciones que darán por resultado un hormigón adecuado para distintos tipos de estructuras, y condiciones de exposición. La razón agua-cemento de la mayoría de los hormigones estructurales livianos no puede determinarse con la precisión suficiente para usarse como base para la especificación.

4.2.2 Si el comprador lo pide, el fabricante debe proporcionarle, con anterioridad a la entrega del hormigón, un informe con la dosificación, indicando las masas en seco del cemento y las masas de los áridos finos y gruesos en estado saturado superficialmente seco (SSS), las cantidades, tipos y nombres de los aditivos (si se usan) y la cantidad de agua por yarda cúbica o metro cúbico de

hormigón que se utilice en la fabricación de cada tipo de hormigón encargado por el comprador. También debe proporcionarle evidencia de que el material usado y las dosificaciones escogidas producirán un hormigón de la calidad especificada.

#### 4.3 Alternativa B:

4.3.1 Cuando el comprador asuma la responsabilidad de las dosificaciones de la mezcla de hormigón también debe especificar lo siguiente:

4.3.1.1 El contenido de cemento en sacos o libras por yarda cúbica (kilogramos por metro cúbico) de hormigón,

4.3.1.2 El contenido de agua máximo permitido en galones por yarda cúbica (litros por metro cúbico) de hormigón, incluyendo la humedad superficial de los áridos, pero excluyendo el agua de absorción (Nota 4), y

4.3.1.3 Si se requieren aditivos, su tipo, nombre y dosificación a usar. Cuando se usen aditivos, el contenido de cemento no debe reducirse sin la aprobación por escrito del comprador.

4.3.2 Si el comprador lo pide, el fabricante debe proporcionarle, con anterioridad a la entrega del hormigón, un documento indicando la fuente de obtención de los materiales, densidades y análisis granulométrico de los áridos, así como las masas del cemento en seco y las masas de los áridos finos y gruesos en estado SSS, las cantidades, tipos y nombres de los aditivos (si se usan) y la cantidad de agua por yarda cúbica o metro cúbico de hormigón que será utilizado en la producción de cada tipo de hormigón ordenado por el comprador.

#### 4.4 Alternativa C:

4.4.1 Cuando el comprador requiera que el fabricante asuma la responsabilidad por la selección de las dosificaciones para la mezcla de hormigón con un contenido mínimo de cemento especificado (Nota 5), el comprador también deberá especificar lo siguiente:

4.4.1.1 Resistencias a la compresión requeridas que serán determinadas con muestras tomadas de la unidad de transporte en el punto de descarga y evaluadas de acuerdo con la Sección 17. El comprador deberá especificar los requerimientos en términos de resistencia a compresión de probetas estándar curadas en condiciones estándar de laboratorio para curado en húmedo (véase Sección 17). A menos que se especifique algo diferente, la edad del hormigón al ejecutar el ensayo debe ser de 28 días.

4.4.1.2 El contenido mínimo de cemento, en sacos o libras por yarda cúbica (kilogramos por metro cúbico) de hormigón.

4.4.1.3 Si se requieren aditivos, el tipo, nombre y dosificación a usar. El contenido de cemento no debe reducirse cuando se usen aditivos.

Nota 5 - La Alternativa C puede ser distintiva y útil sólo si el contenido mínimo de cemento designado se encuentra aproximadamente al mismo nivel que generalmente se requeriría para la resistencia, tamaño de los áridos y descenso de cono especificados. Al mismo tiempo, debe ser una cantidad suficiente para asegurar la durabilidad bajo las condiciones de servicio esperadas y tener una textura de superficie y densidad satisfactorios si se obtiene la resistencia especificada con él. Para información adicional recurra a la Práctica ACI 211.1 y ACI 211.2 mencionadas la Nota 4.

4.4.2 Si el comprador lo pide, el fabricante debe proporcionarle, con anterioridad a la entrega del hormigón, un documento indicando las masas del cemento en seco y las masas de los áridos finos y gruesos en estado SSS, las cantidades, tipos y nombres de los aditivos (si se usan) y la cantidad de agua por yarda cúbica o metro cúbico de hormigón que será utilizada en la fabricación de cada tipo de hormigón ordenado por el comprador. También debe proporcionarle evidencia que sea aceptable por el comprador de que los materiales usados y las dosificaciones escogidas producirán un hormigón de la calidad especificada. La cantidad de cemento usada no debe ser menor que la mínima especificada, independientemente de las resistencias que se obtengan.

4.5. Las dosificaciones obtenidas con las alternativas A, B ó C para cada tipo de hormigón y que hayan sido aprobadas para su uso en un proyecto deben ser marcadas con una designación que facilite la identificación de cada mezcla de hormigón que se entregue en el proyecto. Esta es la designación requerida en la Sección 13.1.7, y proporciona información sobre las dosificaciones del hormigón, cuando éstas no se incluyen por separado en cada comprobante de entrega como lo describe la sección 13.2. En la planta mezcladora debe haber en archivo una copia certificada de

todas las dosificaciones tal como se establezcan en las alternativas A, B ó C.

4.6 El comprador debe asegurar que el fabricante entregue copias de todos los informes de los ensayos realizados a las muestras de hormigón para determinar el cumplimiento de los requisitos de las especificaciones. Los informes deben ser proporcionados periódicamente.

## 5. Materiales

5.1 Ante la falta de especificaciones aplicables respecto a los requisitos de calidad de los materiales, deben regir las siguientes especificaciones:

5.1.1. *Cemento* – El cemento debe cumplir con la Especificación C 150, Especificación C 595 ó Especificación C 1157 (véase Nota 6). El comprador debe especificar el tipo o los tipos que requiera, pero si no se especifica ningún tipo deben aplicarse los requerimientos para Tipo I, como se establece en la Especificación C 150.

Nota 6- Distintos cementos producirán hormigones con propiedades diferentes y no deben intercambiarse entre sí.

5.1.2. *Aridos* – Los áridos deben cumplir con la Especificación C 33 o la Especificación C 330, si el comprador especifica hormigón liviano.

### 5.1.3. *Agua:*

5.1.3.1 El agua de mezclado debe ser clara y aparentemente limpia. Si contiene sustancias que decoloren o le den sabores u olores raros, indeseables o que causen sospecha, no debe usarse, a menos que los registros de servicio del hormigón preparado con ella u otra información indiquen que no afecta la calidad del hormigón. El agua de calidad cuestionable debe someterse al criterio de aceptación señalado en la Tabla 2.

5.1.3.2 El agua de deshecho utilizada en el lavado de las mezcladoras puede usarse como agua de mezclado siempre y cuando los ensayos de ésta satisfagan los límites de ensayos físicos señalados en la Tabla 2. El agua de lavado debe ser ensayada semanalmente durante aproximadamente 4 semanas y, después, mensualmente si ningún ensayo excede el límite aplicable (Nota 7). Los límites de los ensayos químicos opcionales, que se señalan en la Tabla 3, serán especificados por el comprador cuando sean necesarios para la construcción. La frecuencia de los ensayos para los límites químicos debe ser como la indicada anteriormente o la que especifique el comprador.

Nota 7 - Cuando se use agua de lavado reciclada, debe ponerse atención a sus efectos sobre la dosificación de la mezcla y la secuencia de adición de los aditivos incorporadores de aire y otros aditivos químicos, y debe usarse una cantidad uniforme en mezclas consecutivas.

5.1.4 *Adiciones* - La ceniza volante de carbón y la puzolana natural calcinada o cruda deben cumplir con la Especificación C 618 cuando sea aplicable.

5.1.5 *Escoria granulada de alto horno* - Debe cumplir con la Especificación C 989.

5.1.6 *Humo de Sílice* - El humo de sílice debe cumplir con la Especificación C 1240.

5.1.7 *Aditivos incorporadores de aire* - Deben cumplir con la Especificación C 260 (Nota 8).

5.1.8 *Aditivos químicos* - Deben cumplir con las Especificaciones C 494/C 494M ó C 1017/C 1017M, cuando éstas sean aplicables (Nota 8).

Nota 8 - En cualquier caso dado, la cantidad de aditivos incorporadores de aire, aceleradores y retardadores de fraguado puede variar. Por lo tanto, se debe permitir usar un rango de dosificaciones que permitan obtener el efecto deseado.

## 6. Tolerancias en el descenso de cono

6.1 A menos que se incluyan otras tolerancias en las especificaciones del proyecto, deben aplicarse las siguientes:

6.1.1 Cuando las especificaciones del proyecto para el descenso de cono se señalen como requerimiento "máximo" o "no exceder":

Descenso de cono especificado:

	Si 3" (75 mm) ó menos	Si en más de 3" (75 mm)
Tolerancia mayor:	0	0
Tolerancia menor:	1 1/2" (40 mm)	2 1/2" (65 mm)

Esta opción es para usarse sólo si se permite una adición de agua en la obra, siempre que dicha adición no incremente la razón agua-cemento por encima del máximo permitido por las especificaciones.

6.1.2 Cuando las especificaciones del proyecto para el descenso de cono no son señaladas como requerimiento "máximo" o "no exceder":

Tolerancias para descensos de cono nominales

Para descenso de cono especificado de:	Tolerancia
2" (50 mm) y menos	± 1/2" (15 mm)
Más de 2" hasta 4" (50 a 100 mm)	± 1" (25 mm)
Más de 4" (100 mm)	± 1 1/2" (40 mm)

6.2 El hormigón debe estar disponible dentro del rango del descenso de cono permitido durante un período de 30 minutos, a partir de su llegada a la obra o después del ajuste inicial del descenso de cono permitido en la Sección 11.7, lo que ocurra más tarde. El primer y último 1/4 de yarda cúbica ó de metro cúbico que se descarguen están exentos de este requisito. Si el usuario no está preparado para la descarga de hormigón del vehículo, el fabricante no será responsable de la limitación de descenso de cono mínimo después de que hayan transcurrido los 30 minutos a partir del arribo del vehículo al destino previsto o a partir de la hora de entrega solicitada, lo que ocurra más tarde.

## 7. Hormigón con aire incorporado

7.1 Cuando se desee hormigón con aire incorporado, el comprador debe especificar el contenido total de aire del hormigón. Véase la Tabla 1 para las recomendaciones de contenido total de aire (Nota 8).

7.2 Cuando se obtengan muestras de la unidad de transporte en el punto de descarga, el contenido de aire del hormigón con aire incorporado debe tener una tolerancia de ±1,5 del valor especificado.

7.3 Cuando una muestra preliminar tomada dentro de los límites de tiempo de 11.7 y antes de la descarga para la colocación, muestra un contenido de aire por debajo del nivel especificado, en más de la tolerancia permitida en 7.2, el fabricante puede utilizar aditivos incorporadores de aire adicionales para lograr el nivel deseado de aire, seguido por un mínimo de 30 revoluciones a la velocidad de mezclado, de manera que el límite de revoluciones de 11.7 no sea excedido (véase Nota 9).

Nota 9 - La muestra y el ensayo de aceptación, según la Práctica C 172 no puede ser obviada por esta disposición.

**Tabla 2 - Criterios de aceptación para fuentes de agua**

	Límites	Método de ensayo
Resistencia a compresión, mín % control a los 7 días	90	C 109/C 109M <sup>A</sup>
Tiempo de fraguado, desviación del control, h: mín	Desde 1:00 más temprano Hasta 1:30 más tarde	C 191 <sup>A</sup>

<sup>A</sup> Las comparaciones deben basarse en dosificaciones fijas y el mismo volumen de agua de ensayo comparado con la mezcla de control usando agua potable o agua destilada.

**Tabla 3 - Límites químicos optativos para el agua de lavado**

	Límites	Método de ensayo <sup>A</sup>
Requisitos químicos, concentración máxima en agua de mezclado, ppm <sup>B</sup>		
Cloruro como Cl, ppm:		D 512
Horm. pretensado o en cubiertas de puentes	500 <sup>C</sup>	
Otros hormigones armados en ambientes húmedos o con embebidos de aluminio o metal similar o con moldes metálicos galvanizados permanentes	1.000 <sup>C</sup>	
Sulfato como SO <sub>4</sub> , ppm	3.000	D 516
Alcalis como (Na <sub>2</sub> O + 0,658 K <sub>2</sub> O), ppm	600	
Sólidos totales, ppm	50.000	AASHTO T26

<sup>A</sup> Se permite usar otros métodos de ensayo que hayan demostrado entregar resultados comparables.

<sup>B</sup> Se permite que el agua de lavado reutilizada como agua de mezclado en el hormigón exceda las concentraciones mencionadas si se puede demostrar que la concentración calculada en el agua total de mezclado, incluida el agua de mezclado en los áridos y otras fuentes, no excede los límites establecidos.

<sup>C</sup> Para condiciones que permiten el uso de acelerador CaCl<sub>2</sub> como un aditivo, se permite que el comprador descarte el límite de cloro.

## 8. Medición de los materiales

8.1 Con excepción de que algo diferente sea permitido específicamente, el cemento debe medirse en masa. Cuando en las dosificaciones del hormigón se especifiquen adiciones (incluyendo escoria granulada de alto horno, ceniza volante, humo de sílice u otras puzolanas), se pueden medir las masas acumulativamente con el cemento, pero en una balanza y en un alimentador de material distinto a aquellos usados para otros materiales. La masa del cemento debe medirse antes que las adiciones. Cuando la cantidad de cemento excede el 30% de la capacidad total de la balanza, la cantidad acumulada de cemento debe estar dentro de  $\pm 1$  % de la masa y la cantidad acumulada de cemento más las adiciones también estará dentro de  $\pm 1$  % de la masa requerida. Para mezclas más pequeñas, hasta un mínimo de 1 yd<sup>3</sup> (1 m<sup>3</sup>), la cantidad acumulada de cemento y la cantidad acumulada de cemento más las adiciones usadas no debe ser menor a la requerida ni exceder en más del 4%. Bajo circunstancias especiales, aprobadas por el comprador, el cemento puede medirse en bolsas de masa estándar (Nota 10). Ninguna fracción de saco de cemento ya abierto y

parcialmente usado debe usarse sin medir antes su masa.

Nota 10 - En los Estados Unidos, la masa estándar de un saco de cemento portland es de 94 lb (42.6 kg)  $\pm$  3%.

8.2 Los áridos deben medirse en masa. Las medidas en masa para la mezcla deben basarse en materiales secos y deben ser la masa requerida de los materiales secos más la masa total de la humedad (tanto absorbida como en la superficie) contenida en los áridos. La cantidad de áridos que se use en una amasada de hormigón, indicada por la balanza, debe estar dentro de  $\pm 2$ % de la masa requerida cuando la masa es medida en dosis individuales del peso de los áridos. En pesajes de áridos acumulativos, el peso acumulado después de cada pesaje debe estar dentro de  $\pm 1$ % de la cantidad acumulada requerida cuando la balanza se use más allá del 30% de su capacidad. Para pesajes acumulados menores al 30% de la capacidad de la balanza, la tolerancia debe ser de  $\pm 0,3$  % de la capacidad de la balanza ó  $\pm 3$ % del peso acumulado requerido, lo que sea menor.

8.3 El agua de mezclado debe ser agua que se agrega a la amasada, hielo que se añada a la amasada, agua presente como humedad superficial en los áridos y agua que se introduzca en forma de aditivos. El agua que se añada debe medirse por peso o volumen con una precisión del 1% del agua total requerida para la mezcla. El hielo que se añada debe ser medido en peso. En el caso de camiones mezcladores, debe medirse con toda precisión el agua de lavado que quede en el tambor y que se vaya a usar en la siguiente mezcla. Si esto no es práctico o resulta imposible, el agua de lavado debe vaciarse antes de hacer la siguiente mezcla. La cantidad total de agua (incluyendo el agua de lavado) debe medirse o pesarse con una precisión de  $\pm 3\%$  de la cantidad total especificada.

8.4 Los aditivos en polvo deben medirse en masa; los aditivos líquidos, en masa o volumen. Los aditivos, excepto las adiciones (véase 8.1) deben medirse en masa o volumen, con una precisión de  $\pm 3\%$  de la cantidad total requerida más o menos la cantidad o dosificación requerida para 100 lb (50 kg) de cemento, lo que sea mayor.

Nota 11 - Se recomienda usar dosificadores de aditivos de tipo mecánico, capaces de ajustarse para variar las dosis, y de calibración simple.

### 9. Planta de mezclado

9.1 En la planta de mezclado debe haber compartimentos separados para árido fino y para cada tamaño requerido de árido grueso. Cada compartimento debe diseñarse y operarse de modo que pueda descargarse eficiente y libremente, con segregación mínima, en el alimentador pesador. Debe haber mecanismos de control, de modo que a medida que se aproxima la cantidad deseada en el alimentador pesador, se interrumpa con precisión el flujo de material. Los alimentadores pesadores deben construirse de modo que no se acumule el material y que lo descarguen totalmente.

9.2 Los indicadores deben ser totalmente visibles y estar suficientemente cerca del operador para que pueda leerlos con precisión al alimentar el pesador. El operador debe tener acceso adecuado a todos los controles.

9.3 Las balanzas se considerarán exactas cuando se pueda demostrar que al menos una prueba de carga estática en cada cuarto de la capacidad de la escala está a  $\pm 0,2\%$  de la capacidad total de la escala.

9.4 Debe haber pesas disponibles para pruebas estándar para verificar la precisión de las balanzas. Todas las partes móviles de la balanza que estén expuestas deben mantenerse limpias. Las balanzas de barra deben equiparse con un indicador de peso suficientemente sensible para mostrar movimiento cuando se coloca en ellas un peso igual a 0,1 % de su capacidad nominal. Este indicador debe poder moverse mínimo 5% de la capacidad neta de la barra de mayor peso para pesajes por debajo de lo deseado y mínimo 4% para pesajes sobre lo deseado.

9.5 El instrumento para medir el agua agregada debe tener precisión dentro de los límites de tolerancia establecidos en la sección 8.3. Este instrumento no debe variar las mediciones debido a presiones variables en la tubería de agua. Los tanques de medición deben estar equipados con conexiones y válvulas externas que permitan revisar su calibración a menos que se proporcionen otros medios para determinar de manera rápida y precisa la cantidad de agua en el tanque.

Nota 12 - Las limitaciones de precisión de balanzas de la National Ready Mixed Concrete Association Plant Certification satisfacen los requerimientos de esta Especificación.

### 10. Mezcladoras y agitadores

10.1 Las mezcladoras de hormigón pueden ser estacionarias o de camión. Los agitadores pueden ser camiones mezcladores o camiones agitadores.

10.1.1. Las mezcladoras estacionarias deben estar equipadas con una placa o placas de metal en las cuales se indique claramente la velocidad de mezclado del tambor o de las paletas, así como la capacidad máxima en términos del volumen de hormigón mezclado. Cuando se usen para la mezcla total del hormigón, las mezcladoras estacionarias deben estar equipadas con un medidor de tiempo que no permita que la mezcla se descargue antes de que haya transcurrido el tiempo especificado de mezclado.

10.1.2 Cada camión mezclador o agitador debe tener en un lugar visible una placa o placas metálicas en las cuales se indique claramente el volumen bruto del tambor, la capacidad del tambor en términos de volumen de hormigón mezclado y las velocidades de rotación mínima y máxima del tambor, aspás o paletas. Cuando el hormigón se mezcla en un camión, como se describe en la sección 11.5, o mezclado en dos fases, como se describe en la sección 11.4, el volumen de hormigón mezclado no debe exceder el 63% del

volumen total del tambor o contenedor. Cuando el hormigón se mezcla en planta, como se describe en la sección 11.3, el volumen de hormigón en el camión mezclador o agitador no debe exceder el 80% del volumen total del tambor o contenedor. Los camiones mezcladores o agitadores deben contar con indicadores para verificar el número de revoluciones del tambor, aspas o paletas.

10.2 Todas las mezcladoras estacionarias y camiones mezcladores deben poder combinar los componentes del hormigón dentro del tiempo o número de revoluciones especificado en la Sección 10.5. El hormigón debe quedar totalmente mezclado y ser de consistencia uniforme. Al descargarlo debe satisfacer al menos 5 de los 6 requisitos señalados en la Tabla A1. 1.

Nota 13 - La secuencia o método para introducir los materiales a la mezcladora tendrá un efecto muy importante en la uniformidad del hormigón.

10.3 El agitador debe poder mantener el hormigón adecuadamente mezclado y como una masa uniforme, así como descargarlo con un grado satisfactorio de uniformidad, como lo define el Anexo A1.

10.4 Pueden hacerse pruebas de descenso de cono de muestras individuales tomadas después de haber descargado un 15% y un 85% de la carga para revisar rápidamente el grado probable de uniformidad (Nota 14). Estas dos muestras deben obtenerse dentro de un tiempo no mayor a 15 minutos. Si los resultados difieren más de lo especificado en el Anexo A1, no debe usarse la mezcladora o agitador a menos que se corrija dicha condición, exceptuando los casos permitidos en la sección 10.5.

Nota 14 - No deben tomarse muestras antes de que el 10%, o después de que el 90% de la amasada haya sido descargada. Debido a la dificultad para determinar la cantidad real de hormigón descargado, se trata de tomar muestras que sean representativas de porciones muy separadas de la carga, pero nunca al principio o al final de la descarga.

10.5 Si se cumplen los requerimientos del Anexo A1, se puede usar el equipo con un mayor tiempo de mezclado, una carga menor o una secuencia de descarga más eficiente.

10.6 Las mezcladoras y agitadores deben ser examinados o su masa determinada rutinariamente con la frecuencia necesaria para detectar cambios en sus condiciones debidos a acumulación de hormigón o mortero endurecido; así como para detectar desgaste de las aspas. Cuando tales cambios sean suficientemente grandes como para

afectar el funcionamiento de la mezcladora, deben llevarse a cabo las pruebas descritas en el Anexo A1 para evaluar si es necesario corregir las deficiencias.

## 11. Mezclado y entrega

11.1 El hormigón premezclado debe mezclarse y entregarse en el lugar designado por el comprador mediante una de las siguientes combinaciones de operaciones:

11.1.1 *Hormigón Mezclado en Planta*

11.1.2 *Hormigón Mezclado en Dos Fases*

11.1.3 *Hormigón Mezclado en Camión*

11.2 Las mezcladoras y agitadoras deben operarse dentro de los límites de capacidad y velocidad de rotación designados por el fabricante del equipo.

11.3 *Hormigón Mezclado en Planta* - Se llama así al hormigón que se mezcla totalmente en una mezcladora estacionaria y que se transporta hasta el punto de entrega en un camión agitador o en un camión mezclador operando a velocidad de agitación, o con equipo no revolventor aprobado por el comprador y que satisfaga los requerimientos de la Sección 12. Debe adecuarse a lo siguiente: El tiempo de amasado debe contarse desde el momento en que todos los materiales sólidos se encuentran en el tambor. La amasada debe cargarse en la mezcladora de modo que algo de agua entre antes que el cemento y los áridos, y toda el agua debe estar en el tambor al finalizar la primera cuarta parte del tiempo de mezclado especificado.

11.3.1 Cuando no se hagan pruebas de funcionamiento de la mezcladora, el tiempo de mezclado aceptable para mezcladoras con capacidades de 1 yd<sup>3</sup> (0,76 m<sup>3</sup>) ó menos, no debe ser menor a 1 minuto. Para mezcladoras de mayor capacidad, el tiempo mínimo de mezclado debe incrementarse 15 segundos por cada yarda cúbica (m<sup>3</sup>) o fracción de capacidad adicional.

11.3.2 Cuando se hayan hecho pruebas de funcionamiento de la mezcladora para determinadas mezclas de hormigón de acuerdo con el programa de pruebas establecido en los párrafos siguientes, y las mezcladoras se hayan cargado a la capacidad señalada, los tiempos de mezclado aceptables pueden reducirse para casos particulares hasta un punto en que se haya logrado una mezcla satisfactoria conforme a lo definido en la sección 11.3.3. Cuando el tiempo de mezclado se reduce, el tiempo máximo de mezclado no debe



exceder este tiempo reducido por más de 60 segundos para el hormigón con aire incorporado.

11.3.3 *Muestreo para Ensayos de Uniformidad en Mezcladoras Estacionarias* - Las muestras de hormigón para propósitos de comparación deben obtenerse inmediatamente después de lapsos de tiempo de mezclado establecidos arbitrariamente, de acuerdo con alguno de los siguientes procedimientos:

11.3.3.1 *Procedimiento Alternativo 1* - La mezcladora debe ser detenida, y las muestras requeridas sacarse de una manera adecuada a distancias aproximadamente iguales de la parte de enfrente y de la parte de atrás del tambor, o

11.3.3.2 *Procedimiento Alternativo 2* - Conforme la mezcladora se vacía, deben tomarse muestras individuales después de la descarga de aproximadamente 15% y 85% de la carga total. Las muestras deben ser representativas de porciones ampliamente separadas, pero nunca de las partes inicial y final de la amasada (Nota 14).

11.3.3.3 Las muestras de hormigón deben ensayarse de acuerdo con la Sección 17, y las diferencias en los resultados de ambos ensayos no deben exceder los límites proporcionados en el Anexo A1. Las pruebas de funcionamiento de la mezcladora deben repetirse cuando la apariencia del hormigón o de los áridos gruesos de las muestras seleccionadas muestren que no se ha logrado una mezcla adecuada, como se describe en esta sección.

11.4 *Hormigón Mezclado en Dos Fases* - Se llama así al hormigón que primero se mezcla parcialmente en una mezcladora estacionaria y luego se termina de mezclar en un camión mezclador. Debe cumplir con los siguientes requisitos: El tiempo de mezclado parcial en planta debe ser el mínimo requerido para entremezclar los ingredientes. Después de haber sido transferido a un camión mezclador, la cantidad de mezclado a una velocidad de mezclado determinada deberá ser la necesaria para satisfacer los requerimientos de uniformidad del hormigón indicados en el Anexo A1. Los ensayos para comprobar esto deben hacerse de acuerdo con las secciones 11.3.3 y 11.3.3.3. Toda revolución adicional de la mezcladora, si se hace, debe ser a la velocidad de agitación especificada.

11.5 *Hormigón Mezclado en Camión* - Se llama así al hormigón que se mezcla totalmente en un camión mezclador. El número de revoluciones designado por el fabricante para producir un hormigón de la uniformidad indicada en el Anexo

A1, debe ser de 70 a 100 revoluciones a velocidad de mezclado. Los ensayos para determinar la uniformidad del hormigón deben hacerse de acuerdo con la sección 11.5.1. Si los requerimientos de uniformidad del Anexo A1 no son satisfechos con 100 revoluciones después de que todos los ingredientes de la amasada, incluyendo el agua, se encuentren en el tambor, la mezcladora no debe usarse hasta que se corrija esta falla, excepto según lo establecido en la sección 10.5. Cuando se observa funcionamiento satisfactorio de un camión mezclador, el funcionamiento de mezcladores con diseños y condiciones de las aspás relativamente similares también puede considerarse satisfactorio. Toda revolución adicional de la mezcladora para producir la uniformidad del hormigón deseada debe ser a la velocidad de agitación especificada.

11.5.1 *Muestreo para Determinar la Uniformidad del Hormigón Mezclado en Camiones Mezcladores.*

- El hormigón debe descargarse a la velocidad de operación normal para el mezclador que se vaya a probar. Se debe tener cuidado de no obstruir o retardar la descarga con una compuerta sin abrir completamente. Tome muestras independientes de aproximadamente 2 ft<sup>3</sup> (0,1 m<sup>3</sup>) después de haber descargado aproximadamente el 15% y el 85% de la carga total (Nota 14). Estas muestras deben obtenerse en un período de tiempo no mayor a 15 minutos. Las muestras deben almacenarse de acuerdo con la Práctica C 172, pero deben mantenerse separadas para que representen partes específicas de la amasada en vez de combinarse para formar una muestra combinada. Entre muestras, cuando sea necesario mantener el descenso de cono, la mezcladora debe hacerse girar en la dirección de mezclado a velocidad de agitación. Durante el muestreo, el recipiente debe recibir el chorro de descarga completo del camión. Debe haber suficiente personal disponible para llevar a cabo rápidamente las pruebas requeridas. Debe evitarse segregar el hormigón durante el muestreo y manejo. Cada muestra debe remezclarse lo mínimo suficiente para asegurar su uniformidad antes de moldear las probetas para cada prueba en particular.

11.6 Cuando un camión mezclador o agitador se use para transportar hormigón previamente mezclado en su totalidad en una mezcladora estacionaria, toda revolución del tambor deberá ser a la velocidad de agitación designada por el fabricante del equipo.

11.7 Cuando un camión mezclador o agitador es aprobado para mezclar o entregar hormigón, no

debe agregarse agua del tanque de almacenamiento del camión o de ningún otro lado después de la introducción inicial del agua de mezclado, a menos que al llegar a la obra, el descenso de cono sea menor que el especificado. El agua adicional para mantener el descenso de cono dentro de los límites requeridos debe agregarse a la mezcladora a la presión y en la dirección de flujo, de manera que se cumplan los requerimientos de uniformidad especificados en el Anexo A1. El tambor o las aspas deben girar 30 revoluciones adicionales, o más si es necesario, a velocidad de mezclado, hasta que la uniformidad del hormigón satisfaga los límites requeridos. No debe agregarse agua a la mezcla después de este momento. La descarga del hormigón debe terminarse en 1 1/2 hora o antes de que el tambor haya dado 300 revoluciones, lo que ocurra primero, después de agregar el agua de mezcla al cemento y áridos o después de agregar el cemento a los áridos. Estas limitaciones pueden ser descartadas por el comprador si, después de 1 1/2 horas o 300 revoluciones del tambor, el descenso de cono del hormigón es tal que puede ser colocado sin agregar agua extra a la mezcla. En climas cálidos o bajo condiciones que contribuyen al endurecimiento rápido del hormigón, el comprador puede especificar un tiempo menor a 1 1/2 horas.

11.8 El hormigón que se entregue en climas fríos debe tener la temperatura mínima aplicable indicado en la siguiente tabla. (El comprador debe informar al productor el tipo de construcción en la cual se utilizará el hormigón).

**Temperatura mínima del hormigón al colocarse**

Tamaño de las secciones pulg (mm)	Temperatura Mínima °F (°C)
< 12 (< 300)	55 (13)
12 - 36 (300-900)	50 (10)
36 - 72 (900 -1800)	45 (7)
> 72 (>1800)	40 (5)

La temperatura máxima del hormigón producido con áridos calentados, agua caliente o ambos, nunca debe exceder de 90°F (32°C) durante el proceso de producción o transporte.

Nota 15 - Cuando se usa agua caliente puede causar endurecimiento rápido si se pone en contacto directo con el cemento. Información adicional sobre el manejo del hormigón en climas fríos, se puede encontrar en el ACI 306R.

11.9 El productor debe entregar el hormigón premezclado en climas cálidos a la temperatura más baja posible, siempre y cuando el comprador lo apruebe.

Nota 16 - En algunas circunstancias puede haber dificultades cuando la temperatura del hormigón se acerca a 90°F (32°C). Información adicional puede encontrarse en el Manual del Hormigón del Bureau of Reclamation y en el ACI 305R.

**12. Uso de equipo que no agita**

12.1 El hormigón mezclado en planta debe transportarse en equipo adecuado que no agita, aprobado por el comprador. Las dosificaciones del hormigón deben ser aprobadas por el comprador y se aplican las siguientes limitaciones:

12.2 El cuerpo de los equipos no agitadores debe ser un contenedor metálico, suave y hermético, equipado con compuertas que permitan controlar la descarga del hormigón. Cuando lo solicite el comprador se deben proporcionar cubiertas para protegerla hormigón de las condiciones climáticas.

12.3 El hormigón debe ser entregado en la obra como una masa completamente mezclada y uniforme, y debe ser descargado con un grado satisfactorio de uniformidad, como se describe en el Anexo A1.

12.4 Los ensayos de descenso de cono de las muestras individuales tomadas después de la descarga de aproximadamente el 15% y 85% de la carga, proporciona una verificación rápida del grado probable de uniformidad (Nota 14). Estas dos muestras deben ser obtenidas en no más de 15 minutos de tiempo transcurrido entre ellas. Si estos descensos de cono difieren más que lo especificado en la Tabla A1.1, el equipo no agitador no debe ser usado a menos que las condiciones sean corregidas, como se indica en 12.5.

12.5 Si no se cumplen los requerimientos del Anexo A1, mientras el equipo no agitador está en operación, para el tiempo máximo de transporte, y con el hormigón mezclado el tiempo mínimo, el equipo sólo debe ser usado para tiempos cortos de transporte o mayores tiempo de mezclado, o una combinación de ambos, de manera que se cumplan los requisitos del Anexo A1.

**13. Comprobante con la información de la amasada**

13.1 Antes de descargar el hormigón en la obra, el fabricante debe proporcionar al comprador, un comprobante impreso, estampado o escrito, con la siguiente información:

13.1.1 Nombre de la empresa premezcladora y planta de mezclado o número de planta de mezclado,

13.1.2 Número de serie del comprobante,

13.1.3 Fecha,

13.1.4 Número del camión,

13.1.5 Nombre del comprador,

- 13.1.6 Designación específica de la obra (nombre y ubicación),
- 13.1.7 Clase o designación específica del hormigón, en conformidad con las especificaciones de la obra,
- 13.1.8 Cantidad de hormigón en yardas cúbicas (o metros cúbicos),
- 13.1.9 Hora en que fue cargado el camión o de la primera mezcla del cemento con los áridos, y
- 13.1.10 Agua agregada por el receptor del hormigón y sus iniciales.

13.2 Información adicional para fines de certificación, como lo designe el comprador y lo requieran las especificaciones de la obra debe ser proporcionada cuando sea solicitada. Información como:

- 13.2.1 Lectura del marcador de revoluciones, en la primera adición de agua,
- 13.2.2 Tipo, marca y cantidad de cemento,
- 13.2.3 Clase, marca y cantidad de ceniza volante de carbón, o puzolana natural en bruto o calcinada,
- 13.2.4 Grado, marca y cantidad de escoria granulada de alto horno,
- 13.2.5 Tipo, marca y cantidad de vapor de sílice,
- 13.2.6 Tipo, marca y cantidad de aditivos,
- 13.2.7 Tipo, marca y cantidad de fibra de refuerzo,
- 13.2.8 Fuente y cantidad de toda el agua o lechada reciclada, medida o pesada,
- 13.2.9 Información necesaria para calcular el agua total de mezclado. El agua total de mezclado incluye el agua libre en los áridos, agua de amasado (medida o pesada) incluyendo el hielo agregado en la planta, y el agua de lavado retenida en el tambor mezclador y el agua agregada por el operador del camión desde el tanque mezclador,
- 13.2.10 Tamaño máximo de los áridos,
- 13.2.11 Masa (cantidad) de áridos finos y gruesos,
- 13.2.12 Componentes certificados, como se aprobaron anteriormente, y
- 13.2.13 Firma o iniciales del representante de la planta premezcladora.

#### 14. Inspección de la planta

14.1 El fabricante debe proporcionar razonablemente al inspector el acceso, sin cargo alguno, para realizar todas las verificaciones necesarias de las instalaciones de producción y para asegurar las muestras necesarias para determinar si el hormigón está siendo producido de acuerdo con esta especificación. Todos los ensayos e inspecciones deben ser realizadas sin interferir innecesariamente con la producción y entrega del hormigón.

#### 15. Prácticas, Métodos de ensayo e Informe

15.1 El hormigón premezclado debe ser ensayado de acuerdo con los métodos siguientes:

- 15.1.1 *Probeta para ensayo a la compresión* - Práctica C 31/C 31M, usando curado húmedo estándar, de acuerdo con las disposiciones aplicables de la Práctica C 31/C 31M.
- 15.1.2 *Ensayos de compresión* - Método de ensayo C 39/C 39M.
- 15.1.3 *Volumen producido, masa por pie cúbico* - Método de ensayo C 138/C 138M..
- 15.1.4 *Contenido de aire* - Método de ensayo C 138/C 138M; C 173/C 173M ó C 231.
- 15.1.5 *Descenso de cono* - Método de ensayo C 143/C 143M.
- 15.1.6 *Muestreo del hormigón fresco* - Práctica C 172.
- 15.1.7 *Temperatura* - Método de ensayo C 1064/C 1064M.

15.2 El laboratorio de ensayo que realiza los ensayos de aceptación del hormigón debe cumplir con los requisitos de la Práctica C 1077.

15.3 Los informes de laboratorio de los resultados de los ensayos de hormigón, usados para determinar el cumplimiento con esta especificación, deben incluir una declaración de que todos los ensayos realizados por el laboratorio o por sus agentes se encuentran en conformidad con los métodos de ensayo aplicables o deben manifestar todas las desviaciones conocidas de los procedimientos prescritos (Nota 17). Los informes también deben señalar cualquier parte de los métodos de ensayo no realizada por el laboratorio.

Nota 17 - La desviación del método de ensayo estándar puede afectar de manera adversa a los resultados de los ensayos.

Nota 18 - La desviación de las condiciones de humedad y temperatura de curado estándar, con frecuencia, producen resultados de ensayos de resistencia bajos. Estas desviaciones pueden invalidar el uso de esos resultados como base para el rechazo del hormigón.

#### 16. Muestreo y ensayo del hormigón fresco

16.1 El contratista debe proporcionar al inspector el acceso y asistencia razonables, sin cargo alguno, para la obtención de las muestras de hormigón fresco al momento de colocación, a fin de determinar su conformidad con esta especificación.

16.2 Los ensayos de hormigón requeridos para determinar el cumplimiento de esta especificación deben ser realizados por un Técnico en Ensayos de Hormigón Fresco en Obra, Grado I, o equivalente,

certificado por el ACI. Los programas equivalentes de certificación para personal deben incluir exámenes escritos y de desempeño, descritos en el Manual CP-1 del ACI.

16.3 Las muestras de hormigón deben obtenerse de acuerdo con la Práctica C 172, excepto cuando se toman para determinar la uniformidad del descenso de cono dentro de cualquier amasada o carga de hormigón (10.4, 11.3.3, 11.5.1 y 12.4).

16.4 Los ensayos de descenso de cono, contenido de aire, densidad y temperatura deben realizarse al momento de colocación, a opción del inspector, con la frecuencia necesaria para su control. Además, estos ensayos deben realizarse cuando se especifique y siempre que se preparen muestras para resistencia.

16.5 Los ensayos de resistencia así como los de descenso de cono, temperatura, densidad y contenido de aire, en general, deben realizarse con una frecuencia no menor de un ensayo por cada 150 yd<sup>3</sup> (115 m<sup>3</sup>). Cada ensayo debe hacerse de una amasada diferente. Cada día de entrega del hormigón, debe realizarse al menos un ensayo de resistencia para cada clase de hormigón.

16.6 Si se hacen verificaciones preliminares del descenso de cono o contenido de aire, se puede tomar una sola muestra después de la descarga de no menos de ¼ yd<sup>3</sup> (1/4 m<sup>3</sup>). Deben observarse todos los demás requisitos de la Práctica C 172. Si las mediciones preliminares del descenso de cono (11.7) o del contenido de aire (7.3) caen fuera de los límites especificados, proceda como se indica en la Sección 16.6.1 ó 16.6.2, según corresponda.

16.6.1 Si el descenso de cono o contenido de aire medidos, o ambos, es mayor que el límite superior especificado, se debe realizar inmediatamente un ensayo de verificación en una nueva porción de la muestra de ensayo. En caso de que falle este ensayo de verificación, el hormigón no cumple con los requisitos de la especificación.

16.6.2 Si el descenso de cono o contenido de aire medidos, o ambos, es menor que el límite inferior especificado, efectúe los ajustes de acuerdo con 11.7 ó 7.3, o ambos, según corresponda, y obtenga una nueva muestra. Si la muestra del hormigón ajustado falla, se debe realizar inmediatamente un ensayo de verificación en una nueva muestra del hormigón ajustado. En caso de que falle este ensayo de verificación, el hormigón no cumple con los requisitos de la especificación.

## 17. Resistencia

17.1 Cuando se usa la resistencia como base de aceptación del hormigón, las probetas estándar deben prepararse de acuerdo con la Práctica C 31/C 31M. Las probetas deben ser curadas bajo las condiciones de humedad y temperatura estándar, de acuerdo con las disposiciones aplicables de la Práctica C 31/C 31M. El técnico que realiza los ensayos de resistencia debe estar certificado como Técnico en Ensayos de Laboratorio, Técnico en Ensayos de Hormigón en el Laboratorio, Grado II, del ACI, o por un programa de certificación equivalente que incluya exámenes escritos y de desempeño, que incluya los métodos de ensayo más importantes. Si la aceptación se basa en los resultados de los ensayos de compresión, los requisitos de certificación se cumplen con la certificación como Técnico en Ensayos de Hormigón en el Laboratorio, Grado I, del ACI, o por un programa de certificación equivalente que incluya exámenes escritos y de desempeño.

17.2 Para un ensayo de resistencia, se deben preparar al menos dos muestras de ensayo estándar a partir de una muestra compuesta y asegurada como se exige en la Sección 16. Un ensayo debe ser el promedio de las resistencias de las muestras ensayadas a la edad especificada en 4.2.1.1 ó 4.4.1.1 (Nota 19). Si una probeta presenta evidencia clara de muestreo, moldeo, manejo, curado o ensayo inadecuado, diferente a una baja resistencia, debe ser rechazada y la resistencia de los restantes cilindros debe ser considerada como el resultado del ensayo.

Nota 19 - Se pueden realizar ensayos adicionales a otras edades para determinar el tiempo de remoción de los moldajes o el tiempo en que la estructura puede ser puesta en servicio. Las probetas para esos ensayos deben ser curadas de acuerdo con la sección sobre Curado en Obra de la Práctica C 31/C 31M.

17.3 El representante del comprador debe averiguar e informar el número del comprobante de entrega del hormigón y la ubicación exacta en la obra en la que se debe depositar cada carga representada por un ensayo de resistencia.

17.4 Para cumplir con las disposiciones de esta especificación, los ensayos de resistencia, representantes de cada clase de hormigón, deben cumplir con los siguientes requisitos (Nota 20):

17.4.1 El promedio de cada tres ensayos consecutivos de resistencia debe ser igual o mayor a la resistencia especificada,  $f'_c$ , y

17.4.2 Ningún ensayo de resistencia individual debe estar a más de 500 psi (3,5 MPa) por debajo de la resistencia especificada,  $f'_c$ .

Nota 20 - La resistencia promedio necesaria para alcanzar estos requisitos será sustancialmente mayor que la resistencia especificada debido a las variaciones en los materiales, operaciones y ensayos. La mayor cantidad depende de la desviación estándar de los resultados de los ensayos y de la precisión con el que ese valor puede ser estimado a partir de datos anteriores, como se explica en el ACI 318 y ACI 301. Los datos pertinentes se encuentran en la Tabla 4.

**Tabla 4 - Sobrediseño necesario para alcanzar los requisitos de resistencia<sup>A</sup>**

Nº de ensayos <sup>B</sup>	Desviación estándar, lb x pulg <sup>2</sup>					Desconocido
	300	400	500	600	700	
15	466	622	851	1122	1392	<sup>C</sup>
20	434	579	758	1010	1261	<sup>C</sup>
30 ó más	402	526	665	898	1131	<sup>C</sup>
Desviación estándar, MPa						
	2,0	3,0	4,0	5,0	Desconocido	
15	3,1	4,7	7,3	10,0	<sup>C</sup>	
20	2,9	4,3	6,6	9,1	<sup>C</sup>	
30 ó más	2,7	4,0	5,8	8,2	<sup>C</sup>	

<sup>A</sup> Sume las cantidades tabuladas a la resistencia especificada para obtener las resistencias promedio requeridas.

<sup>B</sup> N° de ensayos de una mezcla de hormigón usada para estimar la desviación estándar de una planta productora de hormigón. La mezcla usada debe tener una resistencia dentro de los 1.000 lb x pulg<sup>2</sup> (7 MPa) de la especificada y debe contener materiales similares. Ver ACI 318.

<sup>C</sup> Si se encuentran disponibles 15 ensayos anteriores, el sobrediseño debe ser de 1.000 lb x pulg<sup>2</sup> (7 MPa) para la resistencia especificada menor que 3.000 lb x pulg<sup>2</sup> (20 MPa), 1.200 lb x pulg<sup>2</sup> (8,5 MPa) para las resistencias especificadas entre 3.000 y 5.000 lb x pulg<sup>2</sup> (20 a 35 MPa) y 1.400 lb x pulg<sup>2</sup> (10 MPa) para las resistencias especificadas mayores a 5.000 lb x pulg<sup>2</sup> (35 MPa).

## 18. Incapacidad para alcanzar los requisitos de resistencia

18.1 En caso de que el hormigón ensayado de acuerdo con los requisitos de la Sección 17 no cumpla con los requisitos de resistencia de esta especificación, el fabricante del hormigón premezclado y el comprador deben consultarse para llegar a un acuerdo y determinar si se pueden efectuar ajustes. Si no se llega a un acuerdo satisfactorio, un equipo de tres ingenieros calificados debe resolver la situación. Uno de los ingenieros debe ser designado por el comprador, otro por el fabricante y el tercero, debe ser escogido por estos dos últimos miembros del equipo. La responsabilidad por el costo de este arbitrio será determinada por el equipo. La decisión tendrá carácter de obligatorio, excepto si es modificada por una corte.

## 19. Palabras clave

19.1 precisión; cemento hidráulico combinado; certificación; hormigón premezclado; balanzas; ensayo.

## ANEXO

### (Información obligatoria)

#### A1. REQUISITOS DE UNIFORMIDAD PARA EL HORMIGON

A1.1 La variación dentro de una amasada, como se presenta en la Tabla A1.1, debe ser determinada para cada propiedad mencionada como la diferencia entre el valor mayor y el valor menor obtenida de las diferentes porciones de la misma amasada. Para esta especificación, la comparación será entre las dos muestras, representantes de la primera y últimas porciones de la amasada en

ensayo. Los resultados de los ensayos que cumplen con los límites de cinco de los seis ensayos mencionados en la Tabla A1.1, deben indicar uniformidad del hormigón dentro de los límites de esta especificación.

A1.2 *Contenido de áridos gruesos*, usando el ensayo de lavado, debe calcularse a partir de las siguientes relaciones:

$$P = (c/b) \times 100 \quad (A1.1)$$

Donde:

$P$  = % en masa de áridos gruesos en el hormigón,  
 $c$  = masa, en lb (kg), de los áridos en estado SSS, retenidos en el tamiz N° 4 (4,75 mm), como resultado del lavado de todo el material más fino que este tamiz, del hormigón fresco, y  
 $b$  = masa de la muestra de hormigón fresco en masa por unidad de volumen del contenedor, lb (kg).

A1.3 *La masa por volumen unitario de mortero con aire libre* debe calcularse como sigue:

*Unidades pulgadas - libras:*

$$M = \frac{b - c}{V - \left( \frac{VxA}{100} + \frac{c}{G} \right)} \quad (A1.2)$$

*Unidades SI:*

$$M = \frac{b - c}{V - \left( \frac{VxA}{100} + \frac{c}{G} \right)} \quad (A1.3)$$

donde:

$M$  = masa por volumen unitario de mortero sin aire, lb/pie<sup>3</sup> (kg/m<sup>3</sup>),  
 $b$  = masa del contenedor con la muestra de hormigón, lb (kg),  
 $c$  = masa de los áridos en estado SSS retenidos en el tamiz N°4 (4,75 mm), lb (kg),  
 $V$  = volumen de masa por volumen unitario del contenedor, pie<sup>3</sup> (m<sup>3</sup>),  
 $A$  = contenido de aire del hormigón, %, medido de acuerdo con 15.1.4 en la muestra por ensayar, y  
 $G$  = densidad del árido grueso (SSS).

**Tabla A1.1 - Requisitos para la uniformidad del hormigón**

Ensayo	Requisitos, expresados como diferencia máxima permisible en los resultados de los ensayos de las muestras tomadas en dos ubicaciones de la amasada de hormigón
Masa por pie <sup>3</sup> [masa por m <sup>3</sup> ] calculada sin aire, lb/ pie <sup>3</sup> [kg/m <sup>3</sup> ]	1,0 [16]
Contenido de aire, % en volumen de hormigón	1,0
Descenso de cono:	
Si el descenso de cono promedio es 4 pulg [100 mm] ó menos, pulg [mm]	1,0 [25]
Si el descenso de cono promedio es de 4 a 6 pulg [100 a 150 mm], pulg [mm]	1,5 [40]
Contenido de árido grueso, porción en masa de cada muestra retenida en el tamiz N°4 [4,75 mm], %	6,0
Masa por volumen unitario de mortero sin aire <sup>A</sup> a, basada en el promedio para todas las muestras comparativas ensayadas, %	1,6
Resistencia promedio a la compresión a los 7 días para cada muestra <sup>B</sup> , basada en la resistencia promedio de todas las probetas de ensayo en comparación, %	7,5 <sup>C</sup>

<sup>A</sup> "Test for Variability of Constituents in Concrete", designación 26, *Bureau of Reclamation Concrete Manual*, 7ª edición.<sup>6</sup>

<sup>B</sup> Deben moldearse al menos 3 cilindros y ensayarse para cada muestra.

<sup>C</sup> La aprobación de la mezcladora es tentativa, dependiendo de los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión a los 7 días.

## ASTM C 94/C 94M-03a

*La American International Society for Testing and Materials no tiene ninguna posición frente a la validez de cualquier derecho de patente relacionado con cualquiera de los puntos mencionados en esta norma. A los usuarios de esta norma se les advierte expresamente que la determinación de la validez de cualquiera de esos derechos patentados, y el riesgo de infringir esos derechos, son de su entera responsabilidad.*

*Esta norma podrá ser sometida a revisión en cualquier momento por el comité técnico responsable y deberá ser revisada cada cinco años y, en caso de no ser revisada, será reprobada o revocada. La ASTM le invita a expresar sus comentarios ya sea para la revisión de esta norma o para otras normas adicionales, los que deberán dirigirse a las Oficinas Centrales de la ASTM International. Sus comentarios serán estudiados cuidadosamente durante una reunión del comité técnico responsable, a la que usted podrá asistir. En caso de que usted encuentre que sus comentarios no fueron atendidos adecuadamente, puede presentar sus consideraciones al Comité de Normas de la ASTM, en la dirección señalada más adelante.*

*Los derechos de esta norma se encuentran reservados por la ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Se puede obtener reimpresiones (copias únicas o múltiples) de esta norma en la dirección mencionada o en el fono 610-832-9285, en el fax 610-832-9555, en el e-mail [service@astm.org](mailto:service@astm.org) o bien el sitio web de la ASTM ([www.astm.org](http://www.astm.org)).*