

## OBTENCIÓN Y ENSAYO DE NÚCLEOS DE CONCRETO ENDURECIDO INV E – 418 – 13

### 1 OBJETO

---

- 1.1** Esta norma se refiere al procedimiento de obtención, preparación y ensayo de núcleos extraídos de estructuras de concreto para determinaciones de longitud o resistencia a la compresión o a la tracción por hendimiento (tracción indirecta).
- 1.2** Esta norma reemplaza la norma INV E-418-07.

### 2 IMPORTANCIA Y USO

---

- 2.1** Esta norma de ensayo proporciona procedimientos normalizados para obtener y ensayar núcleos de estructuras de concreto, para someterlos posteriormente a determinaciones de resistencia de acuerdo con las normas aplicables. A los núcleos se les puede determinar la longitud de acuerdo con la norma INV E-419.

*Nota 1: En el Anexo A se presentan recomendaciones para obtener y ensayar a la flexión vigas aserradas.*

- 2.2** Generalmente, los especímenes se toman cuando existen dudas sobre la calidad del concreto en la estructura, debido a la existencia de bajos valores de resistencia durante la construcción o a la presencia de deterioros en ella. Otro uso posible es el relacionado con la obtención de información sobre la resistencia de estructuras antiguas.
- 2.3** La resistencia del concreto se ve afectada por su ubicación dentro del elemento estructural. El concreto colocado en el fondo tiende a ser más resistente que el colocado en la parte superior. La resistencia de los núcleos se ve afectada, también, por su orientación en relación con el plano horizontal de colocación del concreto, encontrándose que la resistencia tiende a ser menor cuando el núcleo se obtiene en dirección paralela al plano horizontal. Estos factores deben ser considerados al elaborar el programa para la toma de muestras y al comparar los resultados de los ensayos de resistencia.

**2.4** La resistencia obtenida al ensayar núcleos se ve afectada por la cantidad y distribución de la humedad en el espécimen en el instante del ensayo. No hay un procedimiento normalizado para acondicionar un espécimen de manera de asegurar que, en el instante del ensayo, presente una condición de humedad idéntica a la del concreto en la estructura. Los procedimientos de acondicionamiento de la humedad en este método de ensayo intentan proporcionar condiciones de humedad reproducibles que minimicen las variaciones tanto en un laboratorio como entre laboratorios y que reduzcan los efectos de la humedad que se introduce durante la preparación del espécimen.

**2.5** La resistencia a compresión medida sobre un núcleo es, por lo general, menor que la de un cilindro equivalente, moldeado apropiadamente, curado por el procedimiento normalizado y ensayado a la misma edad. Sin embargo, no existe una relación única entre las resistencias de estos dos tipos de especímenes para un concreto dado (nota 2). La relación se ve afectada por factores tan diversos como el nivel de resistencia del concreto, el historial de temperatura y humedad en el lugar, el grado de consolidación, la variabilidad entre amasadas, las características del desarrollo de resistencia del concreto, la condición del equipo extractor de núcleos y el cuidado que se tiene para extraerlos.

*Nota 2: El ACI tiene un procedimiento para estimar la resistencia equivalente del concreto a partir de la resistencia medida sobre un núcleo<sup>1</sup>.*

*Nota 3: A falta de requisitos sobre la resistencia de especímenes de núcleos en un código aplicable o en los documentos legales que gobiernen el proyecto, el prescriptor de los ensayos deberá establecer en una especificación particular los criterios de aceptación con base en la resistencia de los especímenes de núcleos. Un ejemplo de criterio de aceptación a partir de la resistencia de los especímenes de núcleos se presenta en el ACI 318, el cual se usa para evaluar núcleos tomados para investigar resultados de ensayos de baja resistencia sobre cilindros sometidos a curado normal durante la construcción. De acuerdo con el ACI 318, el concreto representado por los núcleos se considera estructuralmente adecuado si la resistencia promedio de 3 especímenes de núcleos es igual o mayor al 85 % de la resistencia especificada y ningún núcleo presenta una resistencia inferior al 75 % de la especificada.*

**2.6** El “prescriptor de los ensayos” al cual se hace referencia en esta norma de ensayo, es el individuo responsable del análisis o de la revisión y aceptación de los resultados de los ensayos sobre los especímenes de núcleos.

*Nota 4: Para la investigación de los resultados de ensayos de baja resistencia, el ACI 318 define al prescriptor de los ensayos como el profesional de diseño con matrícula profesional.*

**2.7** La resistencia a compresión aparente del concreto, medida mediante especímenes de núcleos, es afectada por la relación longitud/diámetro de los

<sup>1</sup> “Guide for obtaining cores and interpreting compressive strength results”, ACI 214.4R, [www.concrete.org](http://www.concrete.org)

especímenes, hecho que se debe tener en cuenta al prepararlos y al evaluar los resultados de los ensayos.

### 3 EQUIPO

---

- 3.1 *Taladro saca-núcleos* – Para obtener núcleos cilíndricos con brocas de diamante.
- 3.2 *Sierra* – Para cortar los extremos de los núcleos. La sierra debe tener un borde cortante de diamante o de carburo de silicio y deberá poder cortar los especímenes sin producir grietas ni desalojar partículas del agregado.
- 3.3 *Balanza* – Con una exactitud mínima de 5 g (0.01 lb).

### 4 MUESTREO

---

#### 4.1 Generalidades:

- 4.1.1 Las muestras de concreto endurecido para uso en la preparación de especímenes para ensayos de resistencia, no se deben tomar hasta que el concreto haya endurecido lo suficiente para permitir la remoción de la muestra sin alterar la adhesión entre el mortero y el agregado grueso (notas 5 y 6). Al preparar los especímenes para ensayos de resistencia de muestras de concreto endurecido, se deberán descartar aquellos que presenten defectos o que se hayan deteriorado durante el proceso de extracción, a menos que al remover las porciones deterioradas la longitud remanente del espécimen satisfaga los requisitos mínimos indicados en el numeral 6.2 para la relación longitud/diámetro. Las muestras del concreto defectuoso o deteriorado que no se puedan ensayar, se deben informar junto con el motivo que las inhabilita para preparar los especímenes de ensayo.

*Nota 5: La Práctica C 823 de la ASTM suministra una guía para el desarrollo de un plan de muestreo del concreto en la construcción.*

*Nota 6: No es posible especificar una edad mínima a la cual el concreto presente suficiente resistencia para soportar la extracción sin daño, por cuanto la resistencia a cualquier edad depende de la historia de curado y del grado de resistencia del concreto. Si la disponibilidad de tiempo lo permite, el concreto deberá tener una edad de catorce (14) días antes de la extracción de los núcleos. Si esto no resulta práctico, el concreto se podrá remover si las superficies de corte no presentan erosión del mortero y las partículas del agregado grueso expuesto están embebidas fuertemente dentro del mortero. Se pueden usar métodos de ensayo en el sitio para estimar el nivel de desarrollo de la resistencia antes de intentar la extracción de las muestras de la estructura.*

**4.1.2** Con excepción de lo indicado en el numeral 4.1.3, los núcleos que contengan refuerzo u otros objetos embebidos, con excepción de fibras, no se deberán emplear en la determinación de la resistencia del concreto.

**4.1.3** Si no resulta posible preparar un espécimen de ensayo que cumpla los requisitos indicados en los numerales 6.1 y 6.2 y que se encuentre libre de refuerzo u otro metal, el prescriptor de los ensayos podrá permitir el uso de núcleos con metal embebido (nota 7). Si un núcleo ensayado en resistencia contiene metal embebido, en el informe del ensayo se deberá dejar constancia del tamaño, la forma y la ubicación del metal.

*Nota 7: La presencia de acero de refuerzo u otro metal embebido diferente a las fibras en un núcleo, puede afectar la resistencia medida. No hay datos suficientes para obtener factores de corrección confiables que se puedan aplicar a la resistencia medida para considerar la presencia de acero de refuerzo perpendicularmente al eje del núcleo. Si se permite la presencia de refuerzo en los núcleos de ensayo, se requiere juicio ingenieril para evaluar el significado de los resultados. El prescriptor de los ensayos no debe permitir el ensayo de un espécimen de núcleo si hay varillas de refuerzo u otros objetos metálicos alargados embebidos, que se encuentren orientados en dirección paralela o aproximadamente paralela al eje del núcleo.*

**4.2 Extracción de núcleos** – Cuando el núcleo se vaya a emplear en un ensayo para medir la resistencia del concreto, se deberá taladrar perpendicularmente a la superficie y, al menos, a 150 mm (6") de juntas formadas o bordes obvios del elemento estructural (nota 8). Esta distancia mínima no aplica a límites formados de miembros estructurales. Se debe anotar el ángulo aproximado entre el eje longitudinal del núcleo taladrado y el plano horizontal de colocación del concreto. Si se extrae un espécimen perpendicularmente a una superficie vertical o inclinada, la toma se deberá realizar cerca del centro del elemento estructural, siempre que sea posible. Si los núcleos se van a tomar con fines diferentes a la determinación de la resistencia, el taladrado se deberá realizar de acuerdo con las instrucciones del prescriptor de los ensayos. Se deberán anotar la fecha en la cual se extrajo el núcleo y la de colocación del concreto, si esta última se conoce.

*Nota 8: La idea es evitar la extracción de núcleos de concreto no representativo que se pueda encontrar cerca de las juntas o de los bordes del elemento estructural.*

**4.3 Remoción de losas** – Se deberá remover una losa de tamaño suficiente para asegurar los especímenes de ensayo deseados, excluyendo todo concreto agrietado, astillado, mal cortado o con cualquier otra irregularidad.

## NÚCLEOS PERFORADOS

### 5 MEDIDA DE LA LONGITUD DE LOS NÚCLEOS

---

- 5.1** Los núcleos para determinar el espesor de pavimentos, losas, muros u otros elementos estructurales deberán tener un diámetro de, cuando menos, 94 mm (3.70") cuando se estipula que sus longitudes sean medidas según la norma INV E-419. Si no se requiere medir la longitud del núcleo de acuerdo con esta norma para determinar el espesor del miembro estructural, el diámetro del núcleo será establecido por el prescriptor de los ensayos.
- 5.2** En el caso de núcleos que no se vayan a emplear para determinar las dimensiones de la estructura, se miden las longitudes mayor y menor sobre la superficie cortada, a lo largo de líneas paralelas al eje del núcleo. La longitud promedio se anota redondeada a 5 mm (¼").

### 6 NÚCLEOS PARA ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN

---

#### 6.1 Diámetro:

- 6.1.1** Con excepción de lo indicado en el numeral 6.1.2, los diámetros de los núcleos para la determinación de la resistencia a compresión deberán ser, como mínimo, de 94 mm (3.70"), o al menos el doble del tamaño máximo nominal del agregado grueso, el que sea mayor de los dos.
- 6.1.2** Si el limitado espesor del miembro estructural hace imposible la obtención de núcleos con una relación longitud /diámetro al menos igual a 1.0, o si la distancia libre entre las varillas de refuerzo es limitada, se permite la toma de núcleos con diámetros menores de 94 mm (3.70"). Cuando se presente esta situación, se deberá dejar constancia de ella en el informe del ensayo.

*Nota 9: Se sabe que las resistencias a compresión de núcleos de 50 mm (2") de diámetro nominal son un poco menores y más variables que las obtenidas sobre núcleos de 100 mm (4") de diámetro nominal. Además, los núcleos de poco diámetro parecen ser más sensibles al efecto de la relación longitud /diámetro.*

#### 6.2 Longitud:

- 6.2.1** Con excepción de lo indicado en el numeral 6.2.2, la longitud preferida del espécimen refrentado o nivelado es de 1.9 a 2.1 veces el diámetro.

Si la relación es mayor de 2.1, se deberá reducir la longitud del núcleo para que quede dentro de dicho rango. Los especímenes cuya relación longitud /diámetro sea menor o igual a 1.75 requieren la aplicación de factores de corrección a la resistencia a compresión obtenida (Ver numeral 6.9.1). Cuando la relación es mayor de 1.75, no se requiere aplicar ninguna corrección. No se deberá ensayar ningún núcleo cuya longitud máxima sea inferior al 95 % de su diámetro antes del refrentado o inferior al diámetro después del refrentado u otra operación de emparejamiento.

**6.2.2** Si las resistencias a la compresión de los especímenes de núcleos se van a comparar con las resistencias especificadas a partir de cubos normalizados de concreto, los núcleos se deberán ensayar con una relación longitud /diámetro, luego de la preparación de sus extremos, entre 1.00 y 1.05, a menos que el prescriptor de los ensayos establezca otro valor. Si las resistencias de núcleos con relación longitud /diámetro igual a 1.00 se van a comparar con la resistencia especificada para cubos de concreto, no se deberá aplicar el factor de corrección mencionado en el numeral 6.9.1.

**6.3** *Acondicionamiento húmedo* – Los núcleos se deben ensayar luego de su acondicionamiento húmedo conforme se especifica en este método de ensayo o como lo establezca el prescriptor de los ensayos. Los procedimientos de acondicionamiento especificados en esta norma están orientados a preservar la humedad del núcleo y a proporcionar una condición de humedad reproducible que minimice los efectos de los gradientes de humedad introducidos por el humedecimiento que se produce durante el taladrado y la preparación del espécimen.

**6.3.1** Luego de extraer los núcleos, se seca el agua de perforación de su superficie y se permite la evaporación de la humedad superficial remanente. Cuando las superficies luzcan secas, pero no después de una hora de la extracción, los núcleos se colocan en bolsas plásticas separadas o en recipientes no absorbentes y se sellan para prevenir pérdidas de humedad. Se mantienen a temperatura ambiente y se protegen de la exposición directa a los rayos del sol. Se transportan al laboratorio tan pronto como sea posible. Solo se podrá sacar de los recipientes en el instante de la preparación de sus extremos y por un máximo de 2 horas para permitir el refrentado antes de someterlos a ensayo.

**6.3.2** Si se emplea agua durante el aserrado o la rectificación de los extremos del núcleo, estas operaciones se deberán completar, por tarde, dos días después de la extracción, salvo que el prescriptor de los ensayos haya dispuesto algo diferente. Luego de completar la preparación de los extremos, se seca la humedad superficial, se permite que se seque la superficie del núcleo y se vuelve a colocar en una bolsa plástica o un recipiente no absorbente. Se debe minimizar la exposición al agua durante la preparación de los extremos.

**6.3.3** Los núcleos deberán permanecer en las bolsas plásticas o en los recipientes no absorbentes por un término mínimo de 5 días después de la última vez que fueron humedecidos y antes del ensayo, a menos que el prescriptor de los ensayos haya dispuesto algo diferente.

*Nota 10: El período de espera de 5 días pretende reducir los gradientes de humedad introducidos cuando se extrajo el núcleo o cuando se humedeció para aserrar o rectificar sus extremos.*

**6.3.4** Si se dan instrucciones para ensayar los núcleos en una condición de humedad diferente a la alcanzada mediante el acondicionamiento descrito en los numerales 6.3.1 a 6.3.3, se debe dejar constancia de ello en el informe del ensayo.

**6.4** *Aserrado de los extremos* – Las bases de los especímenes de núcleos que se van a ensayar a la compresión, deberán ser sensiblemente planas y perpendiculares a su eje longitudinal de acuerdo con lo especificado en la norma INV E-410. De ser necesario, los extremos que se van a refrentar se aserran hasta cumplir los siguientes requisitos:

**6.4.1** Las protuberancias, si las hay, no se deberán extender a más de 5 mm (0.2") de la superficie terminada de cualquiera de las bases.

**6.4.2** Las superficies terminadas de las bases no se podrán apartar de la perpendicular al eje longitudinal en más de 1:8d o 1:0.3d, donde d es el diámetro promedio del cilindro, en milímetros o pulgadas, respectivamente.

**6.5** *Cálculo de la densidad* – Se mide la masa del espécimen inmediatamente antes de ser refrentado o inmediatamente antes del ensayo si las bases no se van a refrentar. Se calcula el volumen del núcleo a partir del diámetro promedio y de la longitud, determinados como se indica en el numeral 6.7. Dividiendo la masa por el volumen, se calcula la densidad del núcleo redondeada a 20 kg/m<sup>3</sup> (1 lb/pie<sup>3</sup>).

*Nota 11: Con el procedimiento descrito en el numeral 6.5 se intenta obtener una densidad aproximada del espécimen que complemente el valor de resistencia. Debido a que no se conoce la humedad del núcleo y dado que el volumen calculado es aproximado, no se pretende que el valor calculado de densidad se emplee para evaluar el cumplimiento de una especificación sobre densidad. Se deben tomar núcleos adicionales con este propósito y el prescriptor de los ensayos debe indicar el procedimiento a seguir para medir la densidad.*

- 6.6 Refrentado** – Si las bases de los núcleos no cumplen los requisitos de perpendicularidad de la norma INV E-410, se deberán aserrar o rectificar, o refrentar con una capa adherida de acuerdo con la norma INV E-403, o con tapas no adheridas según se especifica en la norma INV E-408. Si los especímenes se refrentan con una capa adherida, el dispositivo para el refrentado se debe acomodar a los diámetros reales y producir capas que sean concéntricas con las bases de los núcleos. La longitud de los núcleos se deberá medir aproximada a 1 mm (0.1") antes del refrentado. Si se usan tapas no adheridas, el espacio entre el núcleo y los anillos de retención deberá cumplir lo establecido en la norma INV E-408.

*Nota 12: Para satisfacer el límite de vacío máximo indicado en la norma INV E-408, el diámetro interior de los anillos de retención no debe exceder de 107 % del diámetro promedio del núcleo. Se pueden necesitar anillos de retención de menor diámetro para ensayar núcleos con diámetros menores que los de los cilindros estándar. Por ejemplo, si el diámetro del núcleo es 95 mm (3.75"), el diámetro interior de los anillos no podrá exceder de 102 mm (4.01").*

- 6.7 Medidas** – Antes de efectuar el ensayo, se deberá medir la longitud del núcleo con aproximación a 1 mm (0.1"), de acuerdo con la norma INV E-419. Esta longitud se empleará para el cálculo de la relación longitud/diámetro. Para los núcleos que van a ser ensayados con tapas adheridas, se mide la longitud del núcleo refrentado. Para los núcleos a ser ensayados con tapas no adheridas o con las bases rectificadas, la longitud se mide sobre el espécimen preparado. El diámetro se determina promediando dos (2) medidas tomadas en ángulos rectos entre sí, aproximadamente en la mitad del espécimen. Las medidas del diámetro se deben realizar aproximadas a 0.2 mm (0.01") si la diferencia entre ellas no excede de 2 % de su promedio; de lo contrario, se deberán medir aproximadas a 1 mm (0.1"). Los núcleos no se deberán ensayar si la diferencia entre los diámetros mayor y menor es superior al 5 % de su promedio.
- 6.8 Ensayo** – El ensayo a compresión de los núcleos se debe efectuar como se describe en la norma INV E-410. Los núcleos se deberán ensayar dentro de los siete días siguientes a la extracción si no se especifica de otra manera.
- 6.9 Cálculos** – El cálculo de la resistencia a la compresión de cada espécimen se realizará utilizando su sección transversal basada en el diámetro medio determinado según se indica en el numeral 6.7.



**6.9.1** Si la relación longitud/diámetro es menor o igual a 1.75, la resistencia a compresión calculada se deberá multiplicar por un factor de corrección, como se indica en la Tabla 418 - 1 (notas 13 y 14). Los factores de corrección por aplicar a relaciones longitud/diámetro diferentes a las indicadas en la tabla se deben determinar por interpolación.

Tabla 418 - 1. Factores de corrección para el cálculo de la resistencia a la compresión según la relación longitud/diámetro

L/D	FACTOR DE CORRECCIÓN				
0.50	-	-	0.59	-	0.53
1.00	0.87	0.80	0.81	0.82	0.83
1.25	0.93	0.87	-	-	0.92
1.50	0.96	0.92	0.92	0.98	0.97
1.75	0.98	0.97	-	-	0.99
2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3.00	-	-	-	1.03	-
Referencia	ASTM	BSI	Lewandowski	Sangha	Chung

*Nota 13: Los factores de corrección dependen de varias condiciones, entre ellas la condición de humedad, el nivel de resistencia y el módulo elástico. Los valores recomendados por la ASTM son promedios y aplican a concretos livianos con densidades entre 1600 y 1920 kg/m<sup>3</sup> (100 a 120 lb/pie<sup>3</sup>) y a concretos de densidad normal. Son aplicables a concretos secos o húmedos en el momento de la carga y a concretos con una resistencia nominal entre 14 y 42 MPa (2000 a 6000 lbf/pg<sup>2</sup>). Para concretos de resistencia superior a 42 MPa (6000 lbf/pg<sup>2</sup>), los factores de corrección pueden ser mayores que los mostrados en la tabla. Ver referencia: Barlett, F.M. y J.G. MacGregor. "Effect of Core Length-to-Diameter Ratio on Concrete Core Strength", ACI Materials Journal, Vol. 91, No. 4, July-August, 1994, pp. 339-348.*

*Nota 14: Los factores de corrección propuestos por otros investigadores han sido obtenidos bajo condiciones que pueden coincidir o no con las que sirvieron de base a la ASTM para establecer sus factores. Es responsabilidad del usuario elegir el factor de corrección apropiado en cada caso, dependiendo de las condiciones que prevalezcan en los cilindros que está sometiendo a ensayo.*

**6.10 Informe** – Los resultados se deben informar como lo exige la norma INV E-410, adicionando los siguientes datos:

**6.10.1** Longitud del núcleo tal como fue extraído, aproximada a 5 mm (¼").

**6.10.2** Si el diámetro del núcleo es menor de 94 mm (3.70"), se debe indicar el motivo por el cual se utilizó dicho diámetro.

**6.10.3** Longitud del espécimen antes y después del refrentado o de la preparación de las bases, aproximada a 1 mm (0.1"), y diámetro promedio del núcleo aproximado a 0.2 mm (0.01") o 2 mm (0.1").

- 6.10.4** Resistencia a la compresión redondeada a 0.1 MPa (10 lbf/pg<sup>2</sup>) cuando el diámetro se haya medido con una aproximación de 0.2 mm (0.01"), y a 0.5 MPa (50 lbf/pg<sup>2</sup>) cuando el diámetro se haya medido aproximado a 1 mm (0.1"), luego de la corrección de la relación longitud/diámetro, si ella se requiere.
- 6.10.5** Dirección de aplicación de la carga sobre el espécimen con respecto al plano horizontal de colocación del concreto en la obra.
- 6.10.6** El historial de acondicionamiento húmedo:
- 6.10.6.1** Fecha y hora de obtención del núcleo, y del instante en que colocó por primera vez en la bolsa sellada o el recipiente no absorbente.
  - 6.10.6.2** Si se usó agua para la preparación de las bases de los núcleos, se debe anotar la fecha y la hora en que se completaron las bases y se empacó de nuevo el espécimen.
- 6.10.7** Fecha en la cual se colocó el concreto en la obra, si se conoce.
- 6.10.8** Fecha y hora de ensayo del espécimen.
- 6.10.9** Tamaño máximo nominal del agregado pétreo del concreto.
- 6.10.10** Densidad calculada, redondeada a 20 kg/m<sup>3</sup> (1 lb/pie<sup>3</sup>).
- 6.10.11** Ubicación, forma y tamaño del metal embebido, si el prescriptor de los ensayos permitió ensayar los núcleos con metal embebido.
- 6.10.12** Si aplica, descripción de los defectos de los núcleos que no se pudieron ensayar.
- 6.10.13** Si se produjo alguna desviación en relación con el procedimiento de ensayo indicado en esta norma, describirla, explicando los motivos por los cuales fue necesaria.

## **6.11** *Precisión*

- 6.11.1** Se ha encontrado que el coeficiente de variación en núcleos para un solo operador es 3.2 %, para un rango de resistencia a la compresión comprendido entre 32.0 MPa (4500 lbf/pg<sup>2</sup>) y 48.3 MPa (7000 lbf/pg<sup>2</sup>).

Por consiguiente, los resultados de dos ensayos realizados apropiadamente por el mismo operador en núcleos de la misma muestra de material, no deben diferir el uno del otro en más de 9 % de su promedio.

**6.11.2** Se ha encontrado que el coeficiente de variación en núcleos ensayados en varios laboratorios es 4.7 %, para un rango de resistencia a la compresión comprendido entre 32.0 MPa (4500 lbf/pg<sup>2</sup>) y 48.3 MPa (7000 lbf/pg<sup>2</sup>). Por lo tanto, los resultados de dos ensayos realizados apropiadamente sobre núcleos obtenidos del mismo concreto endurecido (donde un ensayo simple se define como el promedio de dos observaciones (núcleos) realizadas en perforaciones adyacentes de 100 mm (4") diámetro), y ensayados por dos laboratorios diferentes, no deben diferir el uno del otro en más de 13 % de su promedio.

**6.12** *Sesgo* – Como no hay un material de referencia aceptado para la determinación del sesgo en este método de ensayo, no se presenta una declaración al respecto.

## 7 NÚCLEOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR HENDIMIENTO (TRACCIÓN INDIRECTA)

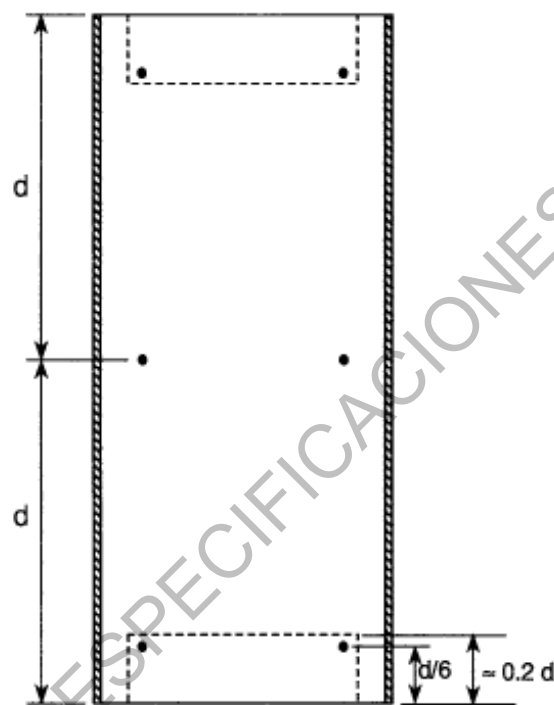
**7.1** *Especímenes para ensayo* – Deben estar de acuerdo con los requisitos sobre dimensiones indicados en los numerales 6.1, 6.2, 6.4.1 y 6.4.2. Las bases no se deberán refrentar.

**7.2** *Acondicionamiento húmedo* – Antes de ensayarlos, los núcleos se deben acondicionar como se describe en el numeral 6.3 o como lo indique el prescriptor de los ensayos.

**7.3** *Superficies de apoyo* – La línea de contacto entre el espécimen y cada pieza de apoyo deberá ser recta y libre de salientes o depresiones mayores de 0.2 mm (0.01"). En caso contrario, el espécimen deberá ser rectificado o refrentado de manera de producir líneas de apoyo que cumplan estos requisitos. No se deberán emplear especímenes con salientes o depresiones mayores de 2 mm (0.1"). Cuando se emplee refrentado, las capas deberán ser tan delgadas como sea posible y deberán estar formadas con pasta de yeso de alta resistencia.

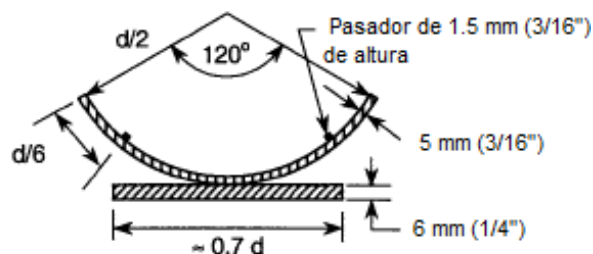
*Nota 15: La Figura 418 - 1 muestra un dispositivo adecuado para aplicar el refrentado a las superficies de apoyo de los núcleos.*

- 7.4 Ensayo** – Los especímenes se deben ensayar de acuerdo con lo indicado en la norma INV E-411.
- 7.5 Cálculos e informe** – El cálculo de la resistencia a la tracción indirecta y el informe con los resultados se harán conforme lo indica la norma INV E-411. Cuando se haya requerido la rectificación o el refrentado de las bases de los especímenes, el diámetro se deberá medir entre las superficies terminadas. Se deberá indicar que el espécimen es un núcleo y la manera como se acondicionó su humedad, de la manera que se indica en el numeral 6.10.6.



PLANTA

d = diámetro nominal del núcleo



ELEVACIÓN

Figura 418 - 1. Dispositivo apropiado de refrentado para el ensayo de tracción indirecta

## 7.6 *Precisión:*

**7.6.1** Se ha encontrado que el coeficiente de variación de un solo operador es 5.3 %, para un rango de resistencia a la tracción indirecta de núcleos, comprendido entre 3.6 MPa (520 lbf/pg<sup>2</sup>) y 4.1 MPa (590 lbf/pg<sup>2</sup>). Por consiguiente, los resultados de dos ensayos realizados apropiadamente por el mismo operador en núcleos de la misma muestra de material, no deben diferir el uno del otro en más de 14.9 % de su promedio.

**7.6.2** Se ha encontrado que el coeficiente de variación de varios laboratorios es 15.0 %, para un rango de resistencia a la tracción indirecta de núcleos, comprendido entre 3.6 MPa (520 lbf/pg<sup>2</sup>) y 4.1 MPa (590 lbf/pg<sup>2</sup>). Por lo tanto, los resultados de dos ensayos realizados apropiadamente sobre núcleos obtenidos de la misma muestra de material, y ensayados por dos laboratorios diferentes, no deben diferir el uno del otro en más de 42.3 % de su promedio.

**7.7** *Sesgo* – Como no hay un material de referencia aceptado para la determinación del sesgo en este método de ensayo, no se presenta una declaración al respecto.

## 8 NORMAS DE REFERENCIA

---

ASTM C 42/ C42M – 12

### ANEXO A (Informativo)

#### VIGAS ASERRADAS PARA ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

---

##### A.1 *Generalidades*

**A.1.1** Hay datos insuficientes en relación con los efectos de las diferentes variables que pueden afectar la resistencia a la flexión de vigas aserradas. Se requieren recursos considerables para obtener los datos necesarios para desarrollar un método definitivo de ensayo y los datos complementarios sobre precisión. Mientras no se generen dichos

datos, se pueden emplear las siguientes recomendaciones generales para obtener y ensayar las vigas aserradas.

**A.1.2** El ensayo de vigas aserradas de un concreto existente no es un método preferido para evaluar la resistencia flexural in-situ, debido a la dificultad existente para obtener la geometría correcta y debido al riesgo de daño de los especímenes a causa del proceso de aserrado, del manejo subsecuente y de un acondicionamiento húmedo incorrecto. Si se requiere evaluar la resistencia flexural in-situ, se puede medir la resistencia a la tracción por hendimiento (tracción indirecta) sobre núcleos de acuerdo con la Sección 7 y aplicar luego las relaciones publicadas en la literatura técnica entre la resistencia a la flexión y la resistencia a la tracción indirecta. Si es necesario ensayar las vigas aserradas, el prescriptor de los ensayos debe entregar instrucciones sobre el tamaño de las vigas, las tolerancias en sus dimensiones y sobre la manera como ellas se deben orientar en la máquina de ensayo.

## **A.2** *Especímenes de ensayo*

**A.2.1** *Dimensiones* – Una viga para el ensayo de resistencia a la flexión deberá tener una sección transversal cuadrada, la cual puede ser de 100 × 100 mm (4 × 4") si el tamaño máximo nominal del agregado es 25 mm (1") o menos; de lo contrario, la sección debe ser de 150 × 150 mm (6 × 6"). Las dimensiones reales de la sección transversal se deben encontrar dentro de  $\pm 2\%$  de estas dimensiones nominales. Si la altura de la viga está controlada por el espesor del elemento estructural, el prescriptor de los ensayos debe especificar las dimensiones de la viga. La longitud de la viga debe ser al menos 50 mm (2") mayor que el triple de la altura nominal. Cuando las vigas se requieran para medir propiedades diferentes a la resistencia a la flexión, como la rigidez, sus dimensiones deberán cumplir las exigencias de la norma de ensayo aplicable.

**A.2.2** *Aserrado e inspección* – Las vigas se deben cortar con sierras para concreto, enfriadas con agua. Los especímenes de ensayo se pueden deteriorar si no se aserran cuidadosamente. Se debe asegurar un suministro permanente de agua para conservar la hoja de la sierra a baja temperatura. Las superficies aserradas deben ser paralelas y cuadradas y rectangulares, dentro de los límites suministrados por el prescriptor de los ensayos. La viga se debe marcar de manera que se pueda identificar su orientación en la estructura. Se debe verificar la

existencia de grietas, las cuales se pueden ver secando la superficie y observando si hay líneas oscuras que delatan las grietas llenas con agua. La viga no se deberá ensayar si hay una grieta en la luz de carga o si hay desportilladuras en la cara que será sometida a tensión. Se debe tener mucho cuidado al manejar las vigas, para evitar que se presenten estos deterioros. Las vigas podrán ser rechazadas por el prescriptor de los ensayos, si no cumplen las tolerancias en las dimensiones o los requisitos de contacto (en el punto de aplicación de carga y en los puntos de soporte) cuando se colocan en la máquina de ensayo.

### **A.3** *Acondicionamiento húmedo*

**A.3.1** Las superficies de los especímenes aserrados deben ser protegidas contra el secado, cubriéndolas con una arpillera húmeda y una lámina plástica durante su transporte y almacenamiento. Cantidades relativamente pequeñas de secado de la superficie de vigas para el ensayo de resistencia a la flexión, pueden inducir esfuerzos de tensión en las fibras extremas, los cuales reducen notoriamente la resistencia a la flexión. Los especímenes se deben ensayar dentro de los 7 días siguientes al aserrado o como lo exija el prescriptor de los ensayos. Las vigas se deberán sumergir en agua saturada de cal a  $23 \pm 2^\circ \text{C}$  ( $73.5^\circ \pm 3.5^\circ \text{F}$ ) por un período no inferior a 40 horas antes de efectuar el ensayo a flexión. El ensayo se deberá efectuar con la mayor prontitud luego de sacar las vigas del agua. Durante el lapso transcurrido entre la remoción del agua y el ensayo, se deberán cubrir con una manta de arpillera húmeda u otra tela húmeda absorbente que resulte adecuada.

### **A.4** *Ensayo*

**A.4.1** Las vigas se deberán ensayar de acuerdo con las disposiciones de la norma INV E-414, excepto que su orientación en el aparato de ensayo debe estar de acuerdo con los requerimientos del prescriptor de los ensayos. Idealmente, la superficie sometida a tensión durante el ensayo debe ser una superficie sometida a tensión al ser colocada en la estructura. Esto requiere, típicamente, que la superficie de tensión sea una superficie cortada y, por lo tanto, la resistencia a flexión que se mide sea inferior a la real. Por otra parte, puede ser preferible que la superficie no cortada sea la superficie sometida a tensión en el ensayo, si cumple las tolerancias dimensionales. Por lo tanto, el prescriptor de los ensayos debe establecer cuál de las superficies será sometida a tensión durante el ensayo. La ubicación de la superficie en tensión con

respecto a la que tenía en el concreto cuando se colocó, deberá quedar registrada en el informe del ensayo.

#### **A.5** *Informe*

**A.5.1** Los resultados se deberán informar de acuerdo con lo que resulte aplicable de la norma INV E-414 y los requerimientos de este método de ensayo, incluyendo:

**A.5.1.1** La condición de humedad de las vigas en el momento de ensayo.

**A.5.1.2** La orientación de las caras en tensión en el ensayo, con respecto a su posición en la estructura