

ASENTAMIENTO DEL CONCRETO DE CEMENTO HIDRÁULICO (SLUMP)

INV E – 404 – 13

1 OBJETO

- 1.1** Esta norma se refiere a la determinación del asentamiento del concreto de cemento hidráulico, tanto en las obras como en el laboratorio.
- 1.2** Esta norma reemplaza la norma INV E-404-07.

2 RESUMEN DEL MÉTODO

- 2.1** Una mezcla de concreto fresco se coloca y consolida por varillado en un molde tronco-cónico. Al levantar el molde, el cono de concreto se desploma. Se mide la distancia vertical entre las posiciones inicial y final de la superficie superior del concreto en su parte central. Este valor se denomina asentamiento (slump).

3 IMPORTANCIA Y USO

- 3.1** Este método de ensayo tiene como finalidad suministrar al usuario un procedimiento para determinar el asentamiento de concretos hidráulicos plásticos.

Nota 1: El método se desarrolló originalmente para controlar la consistencia del concreto fresco. Bajo condiciones de laboratorio y con un estricto control de todos los ingredientes del concreto, se ha establecido que el asentamiento se incrementa proporcionalmente con el contenido de agua de una mezcla determinada y que dicho aumento se refleja en una disminución de la resistencia del concreto. Sin embargo, esta relación no se ha demostrado en forma clara y consistente bajo condiciones de obra. Por lo tanto, se debe tener mucho cuidado al correlacionar los resultados del asentamiento obtenidos en la obra con la resistencia.

- 3.2** Este ensayo no es aplicable cuando el concreto contiene una cantidad apreciable de agregado grueso de tamaño mayor a 37.5 mm (1½") o cuando el concreto no es plástico o cohesivo. Si el agregado grueso es superior a 37.5 mm (1½"), el concreto se deberá tamizar por el tamiz de este tamaño de acuerdo con la norma INV E-401, y la prueba se realizará sobre la porción que lo pasa.

Nota 2: Los concretos que presenten asentamientos menores a 15mm (½") pueden no ser lo suficientemente plásticos, y los concretos que presenten asentamientos mayores a 230mm (9") pueden no ser suficientemente cohesivos para que este ensayo tenga significado. Se debe tener cuidado al interpretar estos resultados.

4 EQUIPO

4.1 *Molde* – Debe ser metálico, inatacable por el concreto, con espesor de lámina no inferior a 1.5 mm (0.060") y si ha sido conformado en un torno, en ningún punto podrá tener un espesor menor de 1.15 mm (0.045"). El molde debe tener la forma interior de la superficie lateral de un tronco de cono de 200 mm (8") de diámetro en la base mayor, 100 mm (4") de diámetro en la base menor y 300 mm (12") de altura. Las bases deben ser abiertas, paralelas entre sí y perpendiculares al eje del cono. El molde debe estar provisto de agarraderas y de estribos para sujetarlo con los pies, como se indica en la Figura 404 - 1. El molde debe estar construido sin costuras y su interior debe estar libre de hendiduras, deformaciones o mortero adherido. En lugar del molde descrito se permite el uso de uno sujetado con abrazaderas a una base no- absorbente, siempre que éstas se puedan liberar sin mover el molde y que la base tenga el área suficiente para contener todo el concreto asentado en un ensayo aceptable.

4.1.1 En el momento de su adquisición, y luego con una frecuencia anual, se deberá verificar la conformidad del molde con las dimensiones especificadas.

4.1.2 *Moldes fabricados con materiales alternativos:*

4.1.2.1 Se admite el empleo de moldes no metálicos, si presentan la forma, altura y dimensiones internas mencionadas en el numeral 4.1. Además, deberán poseer la rigidez suficiente para mantener las dimensiones especificadas y sus tolerancias durante su período de uso, resistir fuerzas de impacto y no ser absorbentes. Así mismo, deberán demostrar que los resultados obtenidos con ellos son comparables a los obtenidos con los moldes metálicos especificados en el numeral 4.1. Las pruebas de comparación se deberán adelantar en un laboratorio independiente a pedido del fabricante y consistirán en no menos de 10 pares consecutivos de comparaciones realizadas sobre concretos con 3 asentamientos diferentes en el rango de 50 a 200 mm (2 a 8") (nota 3). Ningún resultado de ensayo individual podrá

diferir del obtenido con el molde metálico en más de 15 mm ($\frac{1}{2}$ "). El promedio de los resultados de los ensayos para cada rango de asentamiento, obtenido con el molde construido con el material alternativo, no deberá variar en más de 6 mm ($\frac{1}{4}$ ") del obtenido al emplear los moldes metálicos. Los datos de los ensayos comparación ordenados por el fabricante deberán ser puestos a la orden de los usuarios y de las autoridades de control del laboratorio (nota 4). Si se producen cambios en el material o en el método de manufactura, se deberán realizar nuevos ensayos de comparación.

Nota 3: El término "pares consecutivos de comparaciones" no significa que sea sin interrupción o en el mismo día. En cumplimiento de un programa establecido por el laboratorio de ensayo, los pares de ensayos que conducen a los 10 pares consecutivos se pueden llevar a cabo en grupos pequeños. Lo que se pretende con la inclusión de la palabra "consecutivos" es que se ignoren pares de ensayos que puedan incumplir el criterio.

Nota 4: Debido a que el asentamiento del concreto disminuye con el tiempo y con las altas temperaturas, será ventajoso para los ensayos de comparación realizarlos de manera alterna en los conos metálicos y en los del otro material, utilizando varios operarios, con el fin de minimizar el tiempo entre los ensayos.

4.1.2.2 Si la condición de algún molde hace sospechar que se encuentra fuera de tolerancia en relación con la condición de su fabricación, se deberá realizar un ensayo comparativo. Si los resultados del ensayos difieren en más de 15 mm ($\frac{1}{2}$ ") del obtenido con el molde metálico, el molde se deberá retirar de servicio.

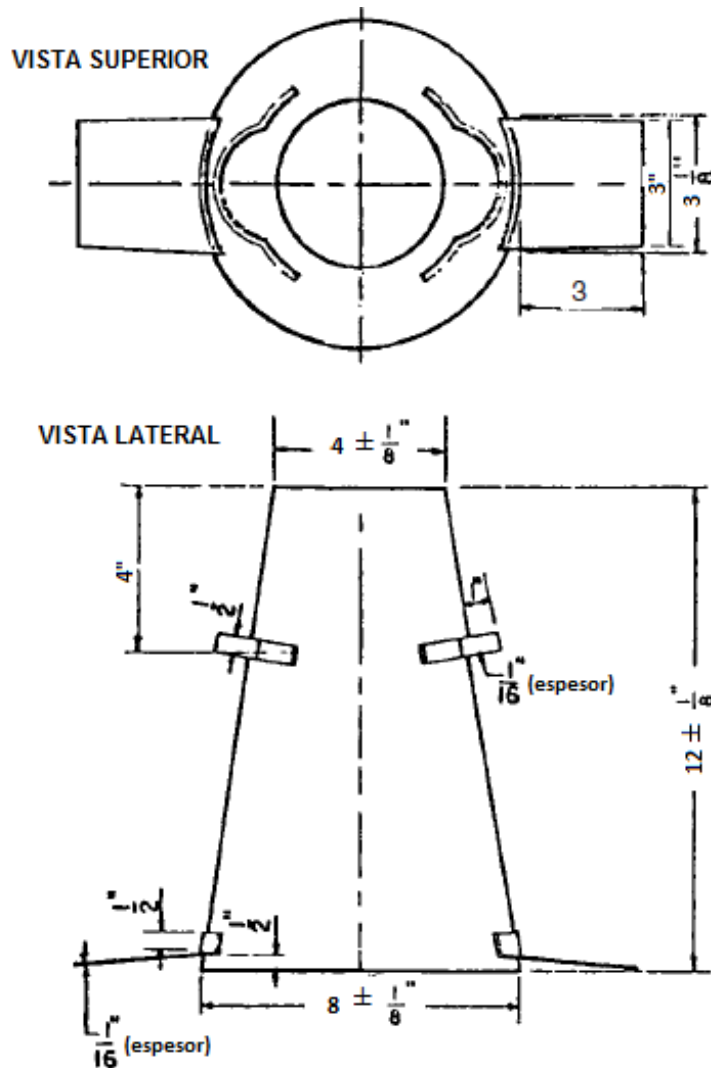
4.2 *Varilla apisonadora* – Debe ser de acero, lisa, recta, cilíndrica, de 16 ± 2 mm ($5/8 \pm 1/16$ ") de diámetro. Su longitud debe ser al menos 100 mm (4") mayor que la altura del molde, pero no mayor de 600 mm (24") (nota 5). El extremo de apisonar o ambos extremos de la varilla deben ser hemisféricos con un radio de 8 mm ($5/16$ ").

Nota 5: Una longitud de varilla de 400 a 600 mm (16 a 24") satisface las exigencias de las normas INV E-404, INV E-405, INV E-406, INV E-409 e INV E-420.

4.3 *Dispositivo de medición* – Regla, flexómetro metálico u otro instrumento de medida rígido o semirrígido, con graduaciones cada 5 mm ($\frac{1}{4}$ ") o menores. El dispositivo deberá tener una longitud mínima de 300 mm (12").

4.4 *Cucharón* – Del tamaño necesario para que cada cantidad de concreto tomada del recipiente de muestreo sea representativa, pero lo suficientemente

pequeña para que no se derrame durante su colocación en el molde (Figura 404 - 2).



Equivalencias aplicables

pulgadas	1/16	1/8	1/2	1	3	3 1/8	4	8	12
mm	[2]	[3]	[15]	[25]	[75]	[80]	[100]	[200]	[300]

Figura 404 - 1. Molde para determinar el asentamiento

5 MUESTRA

- 5.1 La muestra que se utilice en el ensayo debe ser representativa de la amasada total de concreto. Dicha muestra se deberá obtener de acuerdo con la norma INV E-401.

6 PROCEDIMIENTO

- 6.1** Se humedece el molde y se coloca sobre una superficie horizontal rígida, plana, húmeda, no absorbente y libre de vibraciones, de tamaño suficiente para contener todo el concreto que se asiente. Se sujeta el molde firmemente en su lugar con los pies o con el dispositivo de abrazaderas (Ver numeral 4.1) y, empleando el cucharón descrito en el numeral 4.4, se llena con la muestra de concreto en tres capas (Figura 404 - 2), cada una de ellas de aproximadamente un tercio del volumen del molde (nota 6). El cucharón se deberá mover alrededor de la abertura superior del molde para asegurar una distribución uniforme del concreto con una segregación mínima.

Nota 6: Un tercio del volumen del molde corresponde, aproximadamente, a una altura de 70 mm (2 5/8"); dos tercios del volumen corresponden a una altura de 160 mm (6 1/8").



Figura 404 - 2. Colocación del concreto en el molde con el cucharón

- 6.2** Cada capa se apisona con 25 golpes del extremo hemisférico de la varilla, distribuidos uniformemente sobre su sección transversal (Figura 404 - 3). Para la capa del fondo es necesario inclinar ligeramente la varilla, dando aproximadamente la mitad de los golpes cerca del perímetro y avanzando con golpes verticales en forma de espiral, hacia el centro. La capa del fondo se debe apisonar en todo su espesor, mientras que para las capas intermedia y superior se debe permitir que la varilla penetre en la capa inmediatamente inferior unos 25 mm (1").



Figura 404 - 3. Apisonado de una capa con la varilla

- 6.3** Al llenar la capa superior, se debe apilar concreto sobre el molde antes de apisonar. Si al golpear con la varilla, el concreto se asienta por debajo del borde superior, se debe agregar más concreto para que en todo momento haya concreto sobre el molde. Después de que la última capa ha sido varillada, se empareja la superficie del concreto con un movimiento de alisado y rodamiento de la varilla sobre el borde superior del molde (Figura 404 - 4). Manteniendo aún el molde con firmeza, se remueve el concreto del área que rodea la base del cono, para prevenir interferencia con el proceso de asentamiento. En seguida, se retira el molde levantándolo cuidadosamente en dirección vertical (Figura 404 - 5). Esta operación se debe realizar en una distancia de 300 mm (12") en un tiempo aproximado de 5 ± 2 segundos, mediante un movimiento ascendente uniforme, sin impartir movimiento lateral o de torsión al concreto. La operación completa, desde que se comienza a llenar el molde hasta que se retira, se debe hacer sin interrupción en un tiempo máximo de 2 minutos y 30 segundos.



Figura 404 - 4. Enrase con la varilla



Figura 404 - 5. Remoción del molde

- 6.4** Inmediatamente después se mide el asentamiento, determinando la diferencia entre la altura del molde y la altura, medida sobre el centro original desplazado, de la superficie superior del espécimen (nota 7). Si ocurre un desplome pronunciado o desprendimiento del concreto hacia un lado del espécimen (nota 8), se descarta el ensayo y se realiza uno nuevo sobre otra porción de la muestra.

Nota 7: Para proporcionar un mejor apoyo al elemento que se va a utilizar como referencia para medir el asentamiento, el molde se podrá colocar en posición invertida (Figura 404 - 6)

Nota 8: Si dos ensayos consecutivos sobre una muestra de concreto presentan un desplome pronunciado o desprendimiento, es posible que el concreto carezca de la plasticidad y la cohesión necesarias para que el ensayo de asentamiento sea aplicable.



Figura 404 - 6. Medida del asentamiento (Fuente: www.engineeringcivil.com)

7 INFORME

- 7.1** Se debe informar el asentamiento del espécimen en milímetros (pulgadas), con aproximación a 5 mm (¼").

8 PRECISIÓN Y SESGO

8.1 *Precisión* – Las estimaciones de precisión para este método de ensayo se basan en resultados de pruebas realizadas en Fayetteville, Arkansas, por 15 técnicos provenientes de 14 laboratorios de 3 estados norteamericanos. Los ensayos, sobre 3 rangos diferentes de asentamiento entre 25 y 160 mm (1.0 a 6.0"), se realizaron usando una carga de un camión mezclador. La carga fue remitida con un asentamiento bajo, y se realizaron adiciones de agua en la mezcla remanente para producir de manera independiente concretos con moderado y elevado asentamiento. El concreto fue elaborado con caliza triturada, arena lavada de río y 297 kg/m³ (500 lb/yd³) de material cementante, divididos en partes iguales entre cementos de los tipos I y II y de clase C con ceniza volante. Se empleó una dosificación doble de retardante químico, con el fin prevenir pérdidas de asentamiento y mantener la trabajabilidad del concreto. Durante las pruebas, la temperatura del concreto se mantuvo entre 30 y 34° C (86 a 93° F). Las pérdidas de asentamiento promediaron 17 mm (0.68") durante los 20 minutos requeridos para realizar una serie de 6 ensayos en un rango de asentamiento determinado. Las pruebas se realizaron alternando el uso de moldes metálicos y plásticos, determinándose que producían resultados comparables; por lo tanto, los datos sobre precisión aplican a ambos tipos de moldes. En total, se realizaron 270 ensayos de asentamiento.

8.1.1 *Precisión de un solo operador* – La desviación estándar representada por 1(s) se presenta en la Tabla 404 - 1, discriminada por valores promedio de asentamiento. Los resultados reportados para las lecturas de las réplicas, aplican a ensayos conducidos por el mismo operador realizando ensayos consecutivos, uno inmediatamente después del otro. Los resultados aceptables de dos ensayos adecuadamente realizados por el mismo operador sobre el mismo material (nota 9) no deben diferir entre sí en más del valor (d2s) de la última columna de la Tabla 404 - 1, para cada rango de asentamiento.

8.1.2 *Precisión multilaboratorio* – La desviación estándar representada por 1(s) se presenta en la Tabla 404 - 1 discriminada por valores promedio

de asentamiento. Los resultados reportados para las lecturas de las réplicas, aplican a ensayos conducidos por diferentes operarios provenientes de distintos laboratorios, realizando ensayos con menos de 4 minutos de diferencia. Por lo tanto, los resultados aceptables de dos ensayos adecuadamente realizados por dos laboratorios sobre el mismo material (nota 9) no deberán diferir, uno de otro, en más del valor (d2s) de la última columna de la Tabla 404 - 1, para cada rango de asentamiento.

Nota 9: El término "mismo material", significa mezcla fresca de concreto proveniente de la misma amasada.

Tabla 404 - 1. Estimaciones de precisión

ASENTAMIENTO Y TIPO DE ÍNDICE	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (1s)		RANGO ACEPTABLE ENTRE DOS RESULTADOS (d2s)	
	(pg.)	(mm)	(pg.)	(mm)
<i>Precisión de un solo operador:</i>				
Asentamiento de 1.2" (30 mm)	0.23	6	0.65	17
Asentamiento de 3.4" (85 mm)	0.38	9	1.07	25
Asentamiento de 6.5" (160 mm)	0.40	10	1.13	28
<i>Precisión de multi-laboratorio:</i>				
Asentamiento de 1.2" (30 mm)	0.29	7	0.82	20
Asentamiento de 3.4" (85 mm)	0.39	10	1.10	28
Asentamiento de 6.5" (160 mm)	0.53	13	1.50	37

- 8.2 Sesgo** – Este método de ensayo no tiene sesgo, por cuanto el asentamiento se define sólo en términos de este método de ensayo.

9 NORMAS DE REFERENCIA

ASTM C143/ C143M – 10a