

# RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL SUELO–CEMENTO USANDO UNA VIGA SIMPLEMENTE APOYADA Y CARGADA EN LOS TERCIOS DE LA LUZ LIBRE

INV E – 616 – 13

## 1 OBJETO

- 1.1** Esta norma de ensayo se refiere a la determinación de la resistencia a la flexión del suelo–cemento, empleando una viga simplemente soportada, cargada en los tercios de la luz libre.

*Nota 1: Los métodos para el moldeo de especímenes de suelo–cemento se presentan en la norma INV E–613.*

## 2 IMPORTANCIA Y USO

- 2.1** Este método de ensayo se usa para determinar la resistencia a la flexión de especímenes de suelo–cemento. La resistencia a la flexión es un dato significativo para el diseño estructural y para el análisis del comportamiento de un pavimento que incluya una o más capas de este material.

## 3 EQUIPO

- 3.1** *Máquina de ensayo* – Puede ser de cualquier tipo que tenga capacidad suficiente y un adecuado control para proporcionar la velocidad de carga prescrita en el numeral 5.2, y deberá cumplir con las exigencias de la Sección 15 de la Práctica E 4 de la ASTM. La máquina de ensayo deberá estar provista de un bloque cabezal con un apoyo esférico, cuya superficie de carga debe tener entre el 75 y el 100 % del ancho de la viga de ensayo. La parte móvil de este bloque se deberá mantener estrechamente ajustada en el asentamiento esférico, pero el diseño deberá ser tal, que la superficie de soporte se pueda rotar libremente e inclinarse en ángulos pequeños en cualquier dirección.
- 3.2** Se debe utilizar el método de carga en los tercios al realizar ensayos de flexión a los especímenes de suelo–cemento, empleando bloques de aplicación de carga que aseguren que las fuerzas aplicadas a la viga sean solamente verticales y sin excentricidad. En la Figura 616 - 1 se muestra un diagrama de un aparato que cumple este propósito, el cual debe estar diseñado para operar bajo los siguientes principios:

- 3.2.1** La distancia entre los apoyos y los puntos de aplicación de carga debe permanecer constante en el aparato.
- 3.2.2** La dirección de las reacciones debe ser paralela a la carga aplicada durante todo el ensayo.
- 3.2.3** La carga se debe aplicar a velocidad uniforme y de manera que no se produzcan impactos.
- 3.2.4** Las direcciones de las cargas y de las reacciones se pueden mantener paralelas mediante el uso de acoples, cojinetes y placas de flexión. La excentricidad de la carga se puede evitar empleando soportes esféricos.

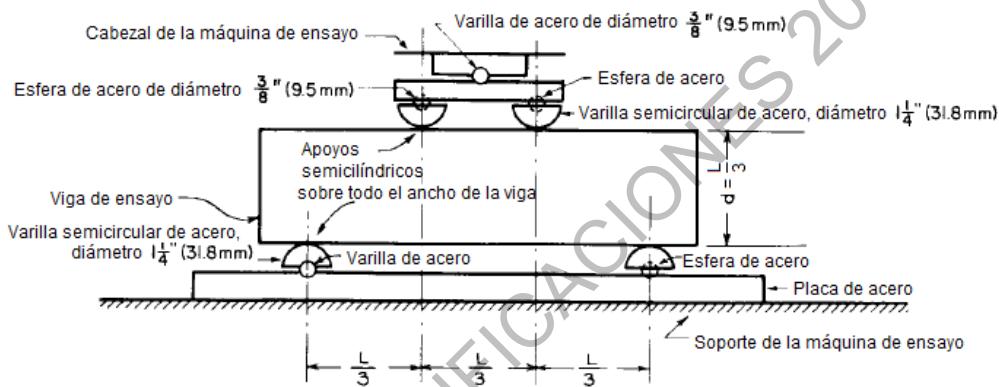


Figura 616 - 1. Diagrama de un equipo para el ensayo de flexión del suelo-cemento usando una viga simplemente apoyada, cargada en los tercios de la luz

## 4 ESPECÍMENES DE ENSAYO

- 4.1** Los especímenes normalizados de ensayo deben ser vigas de  $76.2 \times 76.2 \times 285.8$  mm ( $3 \times 3 \times 11\frac{1}{4}$ "), aunque se permite emplear un método de ensayo similar utilizando especímenes de otras dimensiones. Los especímenes se deben ensayar sobre sus lados con respecto a la posición en que han sido moldeados.
- 4.2** Los ensayos de flexión se deben realizar sobre los especímenes curados en húmedo, tan rápido como resulte posible luego de extraerlos de la cámara húmeda. Los especímenes se deben mantener húmedos con una arpillería húmeda u otra cobertura hasta el instante del ensayo.

*Nota 2: Otros procedimientos de acondicionamiento, como el secado al aire o en el horno, el humedecimiento y secado alterno o los ciclos de congelamiento y deshielo, se pueden especificar después de un período inicial de curado. Los procedimientos de curado y acondicionamiento se deberán indicar detalladamente en el informe.*

- 4.3** Empleando una regla, se comprueba la lisura de las caras de la viga en los puntos donde se van a aplicar las cargas. Si resulta necesario, se refrentan las bases para que cumplan con las exigencias del numeral sobre refrentado de especímenes de la norma INV E-613.

## 5 PROCEDIMIENTO

- 5.1** Se gira la viga sobre uno de sus lados con respecto a su posición de moldeo y se centra sobre los soportes inferiores semicirculares (Figura 616 - 1), los cuales se encuentran separados a una distancia igual al triple de la altura de la viga. Se coloca el ensamblaje de aplicación de carga en contacto con la superficie superior de la viga, en los puntos tercios entre los soportes. Se alinea de manera cuidadosa el centro de la viga con el centro de empuje del apoyo esférico del bloque superior de carga de la máquina. A medida que el cabezal esférico es conducido para apoyarlo sobre la placa superior, se rota suavemente su parte móvil con la mano, con el fin de obtener un asentamiento uniforme.
- 5.2** Se aplica la carga continuamente y sin impactos. Se puede usar una máquina de ensayo operada por tornillo, que opere a una velocidad aproximada de 0.02 mm/s (0.05"/min) por minuto cuando trabaje en vacío. Con máquinas hidráulicas, la carga se debe ajustar a una velocidad constante que haga que el esfuerzo en la fibra extrema de la viga se mantenga en  $690 \pm 39$  kPa/min (100  $\pm 5$  lbf/ $\text{in}^2$ /min), dependiendo de la resistencia del espécimen. Se registra la carga total a la falla del espécimen de ensayo, aproximado a los 40 N (10 lbf) más cercanos.



Figura 616 - 2. Ensayo de flexión sobre una viga de suelo–cemento

## 6 MEDIDAS DEL ESPÉCIMEN LUEGO DEL ENSAYO

- 6.1** Se miden el ancho y la altura promedio de la viga en la sección fallada, aproximados a los 0.25 mm (0.01") más cercanos.

## 7 CÁLCULOS

- 7.1** Si la fractura se inicia en la zona de tensión, dentro del tercio medio de la luz libre, el módulo de rotura se calcula con la ecuación:

$$R = \frac{P L}{b d^2} \quad [616.1]$$

Donde: R: Módulo de rotura, kPa (lbf/pg<sup>2</sup>);

P: Carga máxima aplicada indicada por la máquina de ensayo, N (lbf);

L: Luz libre entre apoyos, mm (pg.);

b: Ancho promedio del espécimen en el sitio de la fractura, mm (pg.);

d: Altura promedio de la muestra en el sitio de la fractura mm (pg.).

- 7.2** Si la fractura ocurre en la zona de tensión, fuera del tercio medio de la luz libre, pero a una distancia no mayor de 5 % de la luz libre, el módulo de rotura se calcula con la ecuación:

$$R = \frac{3 P a}{b d^2} \quad [616.2]$$

Donde: a: Distancia promedio entre la línea de fractura y el soporte más cercano, medida sobre la línea central de la superficie de tensión de la viga, mm (pg.)

- 7.3** Si la fractura ocurre en la superficie de tensión y fuera del tercio medio de la luz libre en más del 5 % de la longitud de ésta, los resultados del ensayo se deberán descartar.

## 8 INFORME

**8.1** El informe de resultados debe incluir lo siguiente:

- 8.1.1** Número de identificación del espécimen.
- 8.1.2** Ancho promedio, redondeado a 1.0 mm (0.05").
- 8.1.3** Altura promedio, redondeada a 1.0 mm (0.05").
- 8.1.4** Longitud de la luz libre, mm (pg.).
- 8.1.5** Máxima carga aplicada, N (lbf).
- 8.1.6** Módulo de rotura calculado, aproximado a los 35 kPa (5 lbf/pg<sup>2</sup>) más cercanos.
- 8.1.7** Datos relativos al historial de curado y a la condición de humedad aparente del espécimen en el momento del ensayo.
- 8.1.8** Defectos del espécimen, si los tenía.
- 8.1.9** Edad del espécimen.

## 9 PRECISIÓN Y SESGO

**9.1** *Precisión* – La precisión de este método de ensayo no ha sido establecida mediante un programa de investigación de varios laboratorios. Sin embargo, con base en los datos de ensayo disponibles, la siguiente información puede servir como guía para la estimar la variabilidad de los resultados de los ensayos de resistencia a la flexión.

- 9.1.1** Se efectuaron ensayos en un solo laboratorio sobre un loam limoso con un pasante por el tamiz de 75 µm (No. 200) = 92 %, límite líquido = 26 e índice plástico = 7. Se ensayaron 24 muestras, 12 con 6 % de cemento y 12 con 14 % de cemento. Los especímenes se curaron en una cámara húmeda a 23° C (73° F) durante 28 días. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 616 - 1.

**9.2 Sesgo** – El sesgo no se puede determinar, por cuanto no hay un valor de referencia aceptado para este método de ensayo.

Tabla 616 - 1. Precisión

TIPO DE MUESTRA	RESISTENCIA PROMEDIO A LA FLEXIÓN, lbf/ $\text{pg}^2$	DESVIACIÓN ESTÁNDAR, lbf/ $\text{pg}^2$	COEFICIENTE DE VARIACIÓN, %
Especímenes con 6 % de cemento	94	6	6.4
Especímenes con 14 % de cemento	157	9	5.7

## 10 NORMAS DE REFERENCIA

ASTM D1635/D1635M – 12