

## RELACIONES DE HUMEDAD – MASA UNITARIA SECA EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)

I.N.V. E – 142 – 07

### 1. OBJETO

- 1.1** Estos métodos de ensayo se emplean para determinar la relación entre la humedad y la masa unitaria de los suelos compactados en un molde de un tamaño dado con un martillo de 4.54 Kg. (10 lb) que cae desde una altura de 457 mm (18"). Se han previsto cuatro procedimientos alternativos en la siguiente forma:

*Método A* – Un molde de diámetro 101.6 mm (4"): material de un suelo que pasa el tamiz de 4.75 mm (No.4) (Secciones 3 y 4)

*Método B* – Un molde de diámetro 152.4 mm (6"): material de suelo que pasa tamiz de 4.75 mm (No.4) (Secciones 5 y 6).

*Método C* – Un molde de diámetro 101.6 mm (4"): material de suelo que pasa el tamiz de 19.0 mm (3/4") (Secciones 7 y 8)

*Método D* – Un molde de diámetro 152.4 mm (6") material de suelo que pasa el tamiz de 19.0 mm (3/4") (Secciones 9 y 10).

- 1.2** En las especificaciones se debe indicar el método por usar para el material que se va a ensayar. Si no se especifica ninguno, regirá el Método A.
- 1.3** Este método de ensayo se aplica a mezclas de suelos que tienen el 40% o menos retenido en el tamiz de 4.75mm (No 4) al usar los Métodos A o B, y 30% o menos de retenido en el tamiz de 19mm (3/4") cuando se emplee el Método C o el D. El material retenido en estos tamices deberá ser definido como sobretamaños (partículas gruesas).
- 1.4** Si el material a ensayarse tiene partículas gruesas en un porcentaje superior al 5% y el resultado es usado para el control de compactación de suelos debe hacer correcciones a la densidad seca máxima de acuerdo con la norma INV E – 228 a fin de comparar la densidad seca del terreno con la densidad seca máxima de compactación correspondiente al material total utilizado en terreno.
- 1.5** Si las tolerancias máximas especificadas de sobretamaños se exceden, se debe usar otros métodos para el control de compactación.

*Nota 1.*– Un método para diseño y control de compactación de tales suelos consiste en usar un relleno de prueba para determinar el grado de compactación requerido y el método para obtener dicha compactación. Empléese luego un método de especificación para controlar la compactación, especificando el tipo y tamaño del equipo de compactación, el espesor de la capa y el número de pasadas.

- 1.6** Los valores establecidos en unidades SI deben ser considerados como norma. Las unidades utilizadas en esta norma para la masa unitaria seca son dadas en Kg./m<sup>3</sup>.
- 1.7** Esta norma no pretende considerar los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad de quien emplee esta norma el establecer prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y el determinar la aplicación de limitaciones regulatorias antes de su empleo.

## **2. EQUIPO**

- 2.1** *Moldes* – Los moldes deberán ser cilíndricos, de paredes sólidas, fabricados con metal y con las dimensiones y capacidades mostradas más adelante. Deberán tener collares ajustable de aproximadamente 60 mm (2.373") de altura, que permitan la preparación de muestras compactadas de mezclas de suelo con agua con la altura y el volumen deseados. El conjunto de molde y collar deberán estar contruidos de tal manera que se puedan ajustar firmemente a una placa hecha del mismo material (Nota 2).

*Nota 2.-* Se pueden emplear otros tipos de moldes similares a los estipulados aquí, pero advirtiendlo que los resultados se deben correlacionar con los de los moldes de pared sólida, obtenidos sobre diferentes tipos de suelo y con los mismos resultados de masa unitaria. Se deberán mantener los registros de dicha correlación y deberá disponerse de ellos para su inspección, cuando se usen tipos de moldes alternativos.

- Un molde de 101.6 mm (4"), con una capacidad de  $0.000943 \pm 0.000008$  m<sup>3</sup> ( $1/30 \pm 0.0003$  pie<sup>3</sup>) con un diámetro interior de  $101.6 \pm 0.41$  mm ( $4.000 \pm 0.016$ ") y una altura de  $116.43 \pm 0.127$  mm ( $4.584 \pm 0.005$ ") (ver Figura 1)
- Un molde de 152.4 mm (6"), con una capacidad de  $0.002124 \pm 0.000021$  m<sup>3</sup> (equivalente a  $1/13.33 \pm 0.00075$  pie<sup>3</sup>), con un diámetro interior de  $152.4 \pm 0.6604$  mm ( $6 \pm 0.026$ ") y una altura de  $116.43 \pm 0.13$  mm ( $4.584 \pm 0.005$ ") (ver Figura 2).
- Moldes que no cumplen con la tolerancia debido al uso. Un molde que no cumpla con las tolerancias de fabricación después de un servicio continuado, puede permanecer en uso siempre y cuando dichas tolerancias no sean excedidas en más del 50 por ciento; y que se emplee para los cálculos, el volumen real del molde, calibrado de acuerdo con la norma para calibración de medidas de masa unitaria para agregados (INV E – 217).

## **2.2 Martillo**

- 2.2.1** *De operación manual* – Un martillo metálico con una masa de  $4.536 \pm 0.009$  Kg. ( $10.0 \pm 0.02$  lb), que tenga una cara plana circular de diámetro de  $50.80 \pm 0.25$  mm ( $2.000 \pm 0.01$ "). El diámetro real de servicio no podrá ser menor de 50.42 mm (1.985"). El martillo deberá estar provisto de una guía apropiada que controle la altura de la caída del golpe desde una altura libre de  $475 \pm 2$  mm ( $18.0 \pm 0.06$ ") por encima de la altura del suelo. La guía deberá tener al menos 4 agujeros de ventilación, de diámetro no menor de 9.5 mm (3/8"), espaciados

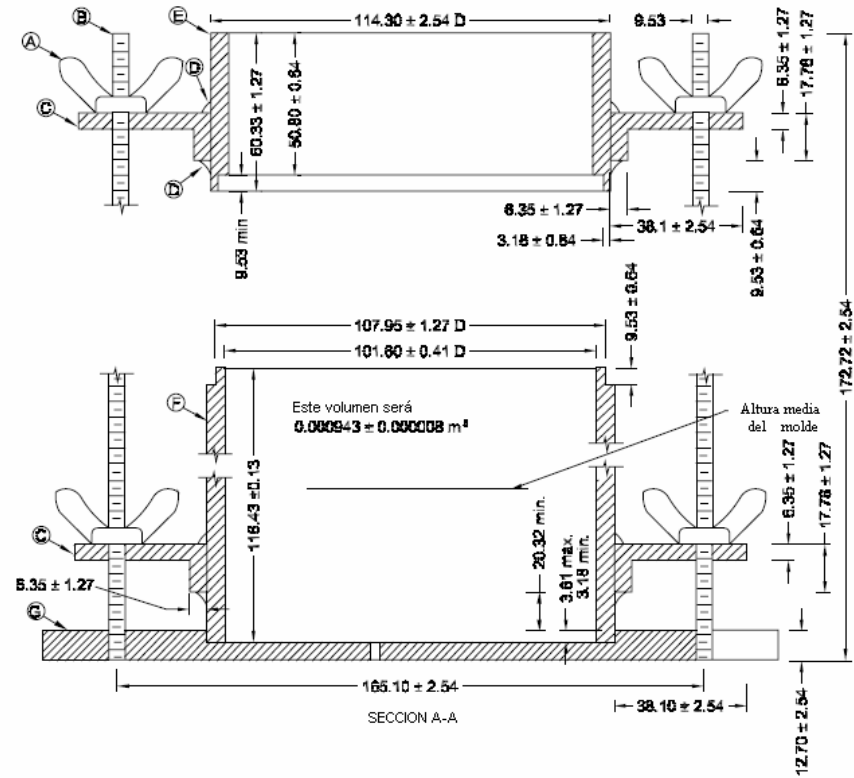
aproximadamente a 90° (1.57 rad) y 19 mm (3/4") de cada extremo, y deberá tener suficiente luz libre, para que la caída del martillo y la cabeza no tengan restricciones.

- 2.2.2** *De operación mecánica* – Un martillo de metal equipado con un dispositivo para controlar la altura de caída del golpe hasta una altura libre de  $475 \pm 2$  mm ( $18.0 \pm 0.06$ ") por encima del suelo y que distribuya uniformemente los golpes sobre la superficie de éste. El martillo deberá tener una cara plana circular de diámetro de  $50.8 \pm 0.025$  mm ( $2.0 \pm 0.01$ "); el diámetro real de servicio no podrá ser menor de 50.42mm (1.985") y una masa de fabricación de  $4.536 \pm 0.009$  Kg. ( $10.0 \pm 0.02$  lb).

**Nota 3.** - El martillo mecánico se deberá calibrar con varios tipos de suelos y ajustar su peso, si fuere necesario, para que dé los mismos resultados de humedad-masa unitaria que los obtenidos con martillos de operación manual.

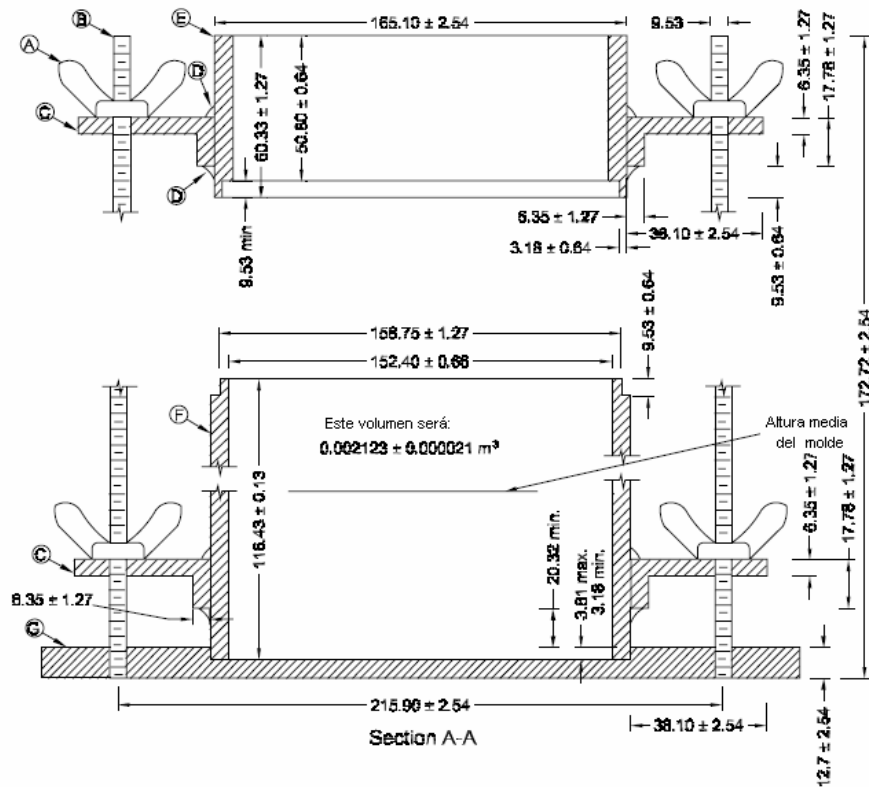
Puede ser impráctico ajustar el aparato mecánico de tal manera que la caída libre sea de 457 mm (18") cada vez que caiga el martillo, como con el martillo operado manualmente. Para efectuar el ajuste de la caída libre, la porción del material suelto que recibe el golpe inicial deberá comprimirse levemente con el martillo para establecer el punto de impacto a partir del cual se determina la caída de 457 mm (18"). Los golpes subsiguientes sobre la capa de suelo que está siendo compactada se pueden aplicar dejando caer el martillo desde una altura de 457 mm (18") por encima de la altura inicial de asentamiento o, cuando el aparato mecánico está diseñado con un ajuste de altura para cada golpe, todos los golpes subsiguientes deberán tener una caída libre para el martillo de 457 mm (18"), medidos a partir de la altura del suelo como quedó compactado mediante el golpe previo.

- 2.2.3** *Cara del martillo* – Deberá ser circular, aunque se acepta como alternativa un martillo con cara de sector circular. En el informe se deberá indicar si se emplea un tipo de cara usada diferente de la circular de 50.8 mm (2"), de diámetro, pero la utilizada deberá tener un área igual al de la cara circular.
- 2.3** *Dispositivo para extrusión de las muestras* – Un gato, un extractor u otro dispositivo adecuado que permita sacar por extrusión las muestras del molde.
- 2.4** *Balanzas* – Una de 11.5 Kg. de capacidad y 5 g de sensibilidad, cuando se usan para pesar moldes de 152.4 mm (6") con suelos húmedos compactados; cuando se usa el molde de 101.6 mm (4"), puede emplearse una balanza de menor capacidad si la sensibilidad y aproximación es de 5 g. También se requiere otra balanza de 1kg de capacidad con sensibilidad de 0.1 g.
- 2.5** *Horno* – Termostáticamente controlado, capaz de mantener una temperatura de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  ( $230 \pm 9^\circ\text{F}$ ) para el secado de las muestras.
- 2.6** *Regla metálica* – De acero endurecido, de borde recto, al menos de 250 mm (10") de largo. Deberá tener un borde biselado y al menos una cara plana en sentido longitudinal (usada para el corte final del suelo).



Dimensiones en mm

**Figura 1.** Molde cilíndrico de 101.6 mm (4.0") para ensayos de suelos



Dimensiones en mm

**Figura 2.** Molde cilíndrico de 152.4 mm (6.0") para ensayos de suelos

El borde biselado se deberá usar para el alisamiento final, si éste es recto dentro de una tolerancia de 0.1 % de la longitud; sin embargo, con el uso continuado, el borde cortante se puede desgastar excesivamente, en cuyo caso no sería adecuado para enrasar el suelo hasta el nivel del molde. La regla no deberá ser tan flexible que cuando se enrase el suelo con el borde cortante, proporcione una superficie cóncava en la superficie de la muestra.

- 2.7 *Tamices* – De 50, 19.0 y 4.75 mm (2", 3/4" y No.4).
- 2.8 *Herramientas misceláneas* – Tales como cazuelas para mezclado, espátulas, etc., o un dispositivo mecánico adecuado para mezclar las muestras de suelo con diversas cantidades de agua.
- 2.9 *Recipientes* – Para determinar la humedad de las muestras, elaborados en metal u otro material adecuado, con cierres que ajusten herméticamente para evitar la pérdida de humedad durante el pesaje.

## METODO A

### 3. MUESTRA

- 3.1** Si la muestra de suelo está húmeda cuando se recibe del terreno, se deberá secar hasta que llegue a hacerse friable bajo la acción de una espátula. El secamiento se puede efectuar al aire o por medio de aparatos de secado de manera que la temperatura de la muestra no pase de 60°C (140°F). Rómpanse entonces los terrones de una manera tal, que no se reduzca el tamaño natural de las partículas individuales de la muestra.
- 3.2** Se tamiza una cantidad adecuada de suelo pulverizado representativo sobre el tamiz de 4.75 mm (No.4). Si lo hubiere, se descarta el material grueso retenido sobre dicho tamiz.
- 3.3** Se escoge una muestra representativa del suelo preparado como se ha descrito en las Secciones 3.1 y 3.2, con una masa aproximada de 3 Kg. (7 lb) ó más.

*Nota 4.-* Al desarrollar una curva de compactación para suelos de libre drenaje, tales como gravas y arenas uniformes en los cuales el drenaje ocurre por el fondo del molde y la placa de base, es preferible tomar una muestra representativa para hallar el contenido de humedad del recipiente de mezclado, con el fin de determinar la humedad disponible para la compactación.

### 4. PROCEDIMIENTO

- 4.1** Se mezcla perfectamente la muestra representativa escogida con agua suficiente para humedecerla, aproximadamente, hasta un 4 por ciento por debajo del contenido óptimo de humedad.
- 4.2** Se prepara un espécimen compactando el suelo humedecido en el molde de 101.6 mm (4") de diámetro (con el collar ajustado) en tres capas aproximadamente iguales y que den una altura total compactada de alrededor de 125 mm (5"). Se compacta cada capa mediante 25 golpes uniformemente distribuidos con el martillo con una caída libre de 305 mm (12") por encima de la altura aproximada del suelo compactado cuando se usa un martillo operado manualmente o desde 305 mm (12") sobre la elevación aproximada del suelo compactado cuando se emplee el martillo operado mecánicamente. Durante la compactación, el molde deberá permanecer firme sobre un soporte denso, uniforme, rígido y estable.

*Nota 5.-* Bases satisfactorias para colocar el molde durante la compactación del suelo pueden ser: un bloque de concreto, que pese no menos de 90 Kg. (200 lb.), sostenido por una fundación relativamente estable; un piso sano de concreto; y, en el caso de hacer el ensayo en el campo, superficies como las que proporcionen las alcantarillas de cajón de concreto (box-culverts), los puentes y los pavimentos.

- 4.3** Después de la compactación, se remueve el collar de extensión, se recorta cuidadosamente el suelo compactado que sobresalga en la parte superior del molde usando la regla metálica. Se pesa el molde con el suelo húmedo, en kilogramos, con aproximación de 5 g (en libras con aproximación de 0.01 lb.).

Para moldes que cumplan con las tolerancias dadas en la Sección 2.1 y cuyos pesos se hayan anotado en Kg., se multiplica la masa del suelo compactado y del molde, menos la masa del molde, por 1060.44 ( $1/0.000943 \text{ m}^3$ ), y se anota el resultado como la masa unitaria húmeda,  $d_{hl}$ , en Kg./  $\text{m}^3$ , del suelo compactado. Cuando se usen moldes que no cumplen con la tolerancia de menos del 50 %, el cálculo se debe efectuar teniendo en cuenta el volumen calibrado del molde.

- 4.4** Se saca la muestra compactada del molde y se corta verticalmente a través de su centro. Se toma una muestra representativa acorde con la norma INV E-122 del material de una de las caras del corte; se pesa inmediatamente y se seca en un horno a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  ( $230^\circ \pm 9^\circ\text{F}$ ) por un tiempo mínimo de 12 horas o hasta masa constante, para determinar el contenido de agua. La muestra para humedad no deberá tener una masa menor de 300 g.
- 4.5** Se rompe completamente la porción restante de la muestra moldeada hasta cuando se considere a ojo que pase por el tamiz de 4.75 mm (No.4), y se reúne con la porción restante de la muestra que se está ensayando. Se agrega agua en cantidad suficiente para aumentar la humedad del suelo 1 ó 2 puntos de porcentaje, y se repite el procedimiento anterior para cada incremento de agua. Esta serie de determinaciones se debe continuar hasta que disminuya o no haya cambio en la masa unitaria húmeda,  $d_h$ , en Kg./ $\text{m}^3$ , del suelo compactado. (Nota 6)

**Nota 6.-** Este procedimiento se ha encontrado satisfactorio en la mayoría de los casos. Sin embargo, en algunos casos, en los cuales el suelo es de carácter frágil y se reduce significativamente el tamaño de sus granos, debido a la compactación repetida y en casos en los cuales el suelo está constituido por un material arcilloso de textura grasosa, dentro del cual es difícil incorporar agua, se deberá emplear una muestra diferente del mismo material para cada punto del ensayo de compactación. En estos casos, las diferentes muestras deberán mezclarse perfectamente con cantidades suficientes de agua para que la humedad de las mismas varíe aproximadamente en 2 puntos de porcentaje. Los puntos de humedad escogidos deberán encerrar el valor del contenido óptimo de humedad, proporcionando de esta manera muestras que, cuando se compactan, aumentan su masa hasta la masa unitaria máxima deseada y disminuyen luego de alcanzada ésta. Las muestras de las mezclas de suelo con agua se deberán colocar en recipientes cubiertos y deberán permanecer en reposo por lo menos 12 horas antes de efectuar la determinación del ensayo de humedad-peso unitario. Sin embargo, cuando sea necesario agregar o remover una cantidad predeterminada de agua, podrán emplearse los siguientes tiempos mínimos de reposo, para que la humedad se distribuya uniformemente, de acuerdo con el tipo de suelo.

## METODO B

### 5. MUESTRA

Se escoge la muestra representativa de acuerdo con la Sección 3.3 excepto que deberá tener una masa aproximada de 7 Kg. (161b).

## 6. PROCEDIMIENTO

Se sigue el mismo procedimiento descrito para el Método A en la Sección 4, excepto en lo siguiente:

Se prepara una muestra compactando el suelo humedecido en el molde de 152.4 mm (6"), de diámetro (con el collar ajustado), en tres capas aproximadamente iguales, de tal manera que proporcionen una altura total compactada de alrededor de 125 mm (5"), siendo compactada cada capa por medio de 56 golpes del martillo, uniformemente distribuidos.

Para moldes que cumplen con las tolerancias citadas en la Sección 2.1 y con las masas registradas en kilogramos, la masa de la muestra compactada y el molde, menos la masa del molde se multiplica por 470.80 (1/0.002124), y se anota el resultado como la masa unitaria húmeda,  $d_{hl}$ , en Kg./m<sup>3</sup>, del suelo compactado. Para moldes usados fuera de la tolerancia del 50 %, el cálculo se debe hacer teniendo en cuenta el volumen calibrado del molde.

## METODO C

## 7. MUESTRA

**7.1** Si la muestra de suelo está húmeda cuando se recibe del terreno, se deberá secar hasta que llegue a hacerse friable bajo la acción de una espátula. El secamiento se puede efectuar al aire o por medio de aparatos de secado de manera que la temperatura de la muestra no pase de 60°C (140°F). Rómpanse entonces los terrones de una manera tal, que no se reduzca el tamaño natural de las partículas individuales de la muestra.

**7.2** Se tamiza una cantidad representativa de suelo pulverizado sobre el tamiz de 19.0 mm (3/4"). Se descarta el material grueso retenido sobre dicho tamiz, si lo hubiere.

Cuando fuere aconsejable mantener en la muestra el mismo porcentaje de agregado grueso que pasa por el tamiz de 50 mm (2") y queda retenido en el tamiz de 4.75 mm (No.4), para el ensayo humedad-masa unitaria, que en la muestra original de campo, el material retenido sobre el tamiz 19.0 mm (3/4") deberá ser reemplazado en la forma siguiente: se tamiza una cantidad adecuada de suelo pulverizado sobre los tamices de 50 mm (2") y 19.0 mm (3/4"). Se pesa el material que pasa tamiz de 50 mm (2") y que queda retenido en el tamiz de 19.0 mm (3/4") y se reemplaza con un peso igual que pase dicho tamiz y que quede retenido en el de 4.75 mm (No.4). Se toma el material para sustitución, de la porción sobrante de la muestra.

**7.3** Se selecciona una muestra representativa, que tenga un peso de 5 Kg. (11lb) ó más de suelo preparado como se describió en las Secciones 7.1 y 7.2.

## 8. PROCEDIMIENTO

- 8.1 Se mezcla perfectamente la muestra representativa escogida con agua suficiente para humedecerla hasta, aproximadamente, 4 por ciento por debajo del contenido óptimo de humedad.
- 8.2 Se prepara un espécimen compactando el suelo humedecido en el molde de 101.6 mm (4") de diámetro (con el collar ajustado) en tres capas aproximadamente iguales y que den una altura total compactada de alrededor de 125 mm (5"). Se compacta cada capa mediante 25 golpes uniformemente distribuidos con el martillo con una caída libre de 305 mm (12") por encima de la altura aproximada del suelo compactado cuando se usa un martillo operado manualmente o desde 305 mm (12") sobre la elevación aproximada del suelo compactado cuando se emplee el martillo operado mecánicamente. Durante la compactación, el molde deberá permanecer firme sobre un soporte denso, uniforme, rígido y estable. (Ver Sección 4.2)
- 8.3 Después de la compactación, se remueve el collar de extensión y se recorta cuidadosamente el suelo compactado que sobresalga en la parte superior del molde mediante la regla metálica con borde recto. Los huecos que se hayan desarrollado en la superficie por la remoción de material grueso deberán ser rellenados con material de tamaño más pequeño. Se pesa el molde y el suelo húmedo en kg. con aproximación de 5g. Para moldes que cumplan con las tolerancias dadas en la Sección 2.1 y cuyos pesos se hayan anotado en Kg., se multiplica la masa del suelo compactado y del molde, menos la masa del molde, por 1060.44 ( $1/0.000943 \text{ m}^3$ ), y se anota el resultado como la masa unitaria húmeda,  $d_{h1}$ , en Kg./  $\text{m}^3$ , del suelo compactado. Cuando se usen moldes que no cumplen con la tolerancia de menos del 50 %, el cálculo se debe efectuar teniendo en cuenta el volumen calibrado del molde.
- 8.4 Se saca la muestra compactada del molde y se corta verticalmente a través de su centro. Se toma una muestra representativa acorde con la norma INV E-122 del material de una de las caras del corte; se pesa inmediatamente y se seca en un horno a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  ( $230^\circ \pm 9^\circ\text{F}$ ) por un tiempo mínimo de 12 horas o hasta masa constante, para determinar el contenido de agua. La muestra para humedad no deberá tener una masa menor de 500 g.
- 8.5 Se rompe completamente la cantidad restante del material hasta cuando pase el tamiz de 19.0 mm (3/4") y se considera a ojo, que el noventa (90 %) de los terrones de suelo pasan por el tamiz de 4.75 mm (No.4), y se agrega a la parte restante de la muestra que se va a ensayar. A continuación, se añade agua en cantidad suficiente para aumentar la humedad de la muestra en uno o dos puntos de porcentaje, y se repite el procedimiento anterior para cada incremento de agua. Se prosigue con esta serie de determinaciones hasta cuando disminuya o no cambie la masa unitaria húmeda  $d_h$ , en  $\text{kg}/\text{m}^3$  del suelo compactado (ver Sección 4.5).

## METODO D

### 9. MUESTRA

Se escoge la muestra representativa de acuerdo con la Sección 7.3, excepto que ésta deberá tener una masa de aproximadamente 11 Kg. (25lb).

### 10. PROCEDIMIENTO

Se sigue el mismo procedimiento descrito para el Método C en la Sección 8, excepto en lo siguiente: se forma una muestra compactando el suelo humedecido en el molde de 152.4 mm (6") de diámetro (con el collar ajustado) en tres capas aproximadamente iguales, que den una altura total compactada de alrededor de 125 mm (5"), compactándose cada capa mediante 56 golpes del martillo, distribuidos uniformemente. Para moldes que cumplan con las tolerancias dadas en la Sección 2.1 y con las masas registradas en kilogramos, la masa de la muestra compactada y del molde menos la masa del molde se multiplican por 471 ( $1/0.002124\text{m}^3$ ), y se registra el resultado como la masa unitaria húmeda, del suelo compactado  $d_{h1}$ , en Kg./m<sup>3</sup>. Cuando se usen moldes fuera de la tolerancia del 50 %, se hace el cálculo teniendo en cuenta el volumen calibrado del molde.

## CÁLCULOS E INFORME

### 11. CÁLCULOS

Se calcula la humedad y la masa unitaria seca del suelo compactado para cada muestra, así:

$$w = \frac{A - B}{B - C} \times 100$$

$$d_d = \frac{d_h}{w + 100} \times 100$$

donde:

$w$  = Porcentaje de humedad en la muestra con base en la masa seca del suelo en el horno.

$A$  = Masa del recipiente y del suelo húmedo.

$B$  = Masa del recipiente y del suelo seco.

$C$  = Masa del recipiente.

$d_d$  = Masa unitaria seca, en Kg./m<sup>3</sup>

$d_h$  = Masa unitaria húmeda, en Kg./m<sup>3</sup>

## **12. RELACIONES DE HUMEDAD-MASA UNITARIA SECA**

- 12.1** Los cálculos de la Sección 11.1 se deberán efectuar para determinar la humedad y la correspondiente masa unitaria seca de las muestras de suelo compactadas en Kg./m<sup>3</sup> (lb/pie<sup>3</sup>). Las masas unitarias secas se dibujan como ordenadas y las humedades correspondientes como abscisas.
- 12.2** *Humedad óptima* – Cuando la masa unitaria y las correspondientes humedades para el suelo han sido determinadas y dibujadas para conformar una curva, el contenido de humedad que corresponda al pico de la curva, se llamará “humedad óptima” del suelo bajo la compactación mencionada atrás.
- 12.3** *Masa unitaria seca máxima* – La masa unitaria del suelo secado al horno en Kg./m<sup>3</sup>, correspondiente al contenido óptimo de humedad, bajo la compactación mencionada arriba, se llamará “masa unitario seca máxima”.

## **13. INFORME**

El informe debe incluir:

- 13.1** El método empleado (A, B, C ó D).
- 13.2** La humedad óptima, como porcentaje, aproximada al entero más próximo.
- 13.3** La masa unitaria máxima en Kg./m<sup>3</sup>, con aproximación a 0.5 Kg./m<sup>3</sup> o en lb/pie<sup>3</sup> con aproximación al entero más próximo.
- 13.4** En los métodos C y D se debe indicar el material retenido en el tamiz de 19.0 mm (3/4") que fue removido y reemplazado.
- 13.5** El tipo de cara del martillo, si se usó una diferente a la circular de 50.8 mm (2") de diámetro.

## **14. PRECISIÓN**

- 14.1** *Repetibilidad de un solo operador* – Dos resultados obtenidos por el mismo operador sobre la misma muestra, en el mismo laboratorio, empleando el mismo aparato, y en días diferentes, se deberá considerar dudoso si difieren en más del 10 % en su contenido medio óptimo de humedad y en 35 kg/m<sup>3</sup> (2.2 lb/pie<sup>3</sup>), en la masa unitaria máxima.
- 14.2** *Reproducibilidad multilaboratorio* – Dos resultados obtenidos por operadores diferentes en diferentes laboratorios deberán considerarse dudosos si difieren en más del 15 % de su valor medio para el contenido óptimo de humedad y en 72 Kg./m<sup>3</sup> (4.5 lb/pie<sup>3</sup>), para la masa unitaria máxima.

**15. NORMAS DE REFERENCIA**

AASHTO T 180– 01

ASTM D 698 – 00