

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD Y EL PESO UNITARIO DE SUELOS Y ROCAS EN EL TERRENO MEDIANTE REEMPLAZO CON ARENA EN UN POZO DE ENSAYO

INV E – 165 – 13

1 OBJETO

- 1.1** Esta norma se usa para determinar la densidad y el peso unitario de suelos y rocas en el sitio, empleando una arena calibrada y un dispositivo para verterla, con los cuales se halla el volumen de un pozo de ensayo. En esta norma, el término “roca” se emplea específicamente para referirse a materiales que contienen partículas de más de 75 mm (3").
- 1.2** Los métodos de ensayo incluidos en esta norma resultan apropiados para orificios de 0.03 a 0.17 m³ (1 a 6 pies³). En general, los materiales ensayados deben tener un tamaño máximo de partícula comprendido entre 75 y 125 mm (3 y 5").
 - 1.2.1** Aunque este método se puede usar si el orificio es de mayor volumen y las partículas tienen un mayor tamaño máximo (Ver Anexo B), en tal caso es preferible el empleo de la norma ASTM D 5030.
 - 1.2.2** Los métodos de ensayo descritos en las normas INV E–161 e INV E–162 se deben usar, generalmente, para determinar el volumen de orificios de menos de 0.03 m³ (1 pie³).
- 1.3** Esta norma incluye dos métodos de ensayo:
 - 1.3.1** *Método A* – Densidad y peso unitario in-situ del material total (Sección 8).
 - 1.3.2** *Método B* – Densidad y peso unitario in-situ de la fracción de control (Sección 9).
- 1.4** Selección del método de prueba:
 - 1.4.1** El Método A se usa cuando se va a determinar el peso unitario de todo el material in-situ. También, se puede emplear para determinar el porcentaje de compactación o la densidad relativa, cuando el tamaño máximo de partícula del material ensayado en el terreno no excede el

máximo permitido en el ensayo de laboratorio (normas INV E-141 e INV E-142). El peso unitario seco máximo determinado en el laboratorio se puede corregir por el efecto de la presencia de sobretamaños de acuerdo con la norma INV E-143, con sujeción a las limitaciones indicadas en ella.

- 1.4.2** El método B se usa cuando se van a determinar el porcentaje de compactación o la densidad relativa y el material en el terreno contiene partículas mayores de las admitidas por el ensayo de compactación en el laboratorio o cuando la norma INV E-143 no se puede aplicar al ensayo de compactación en el laboratorio. En este caso, se considera que el material está constituido por dos fracciones o porciones. El material proveniente del ensayo en el terreno se divide físicamente en una fracción de control y una de sobretamaños, a partir de un tamiz de tamaño designado. Se calcula el peso unitario de la fracción de control y se compara con el (los) establecido (s) en las pruebas de laboratorio.
- 1.4.2.1** Debido a la posibilidad de que se creen bajas densidades cuando hay interferencia de partículas (Ver norma INV E-143), no se debe asumir que el porcentaje de compactación de la fracción de control representa el porcentaje de compactación del material total del terreno.
- 1.4.3** Normalmente, la fracción de control corresponde al material que pasa el tamiz de 4.75 mm (No. 4) cuando se trata de suelos cohesivos que no permiten el drenaje libre, y al material que pasa el tamiz de 76.2 mm (3") cuando se trata de materiales no cohesivos que permiten el drenaje. A pesar de que también se emplean otros tamaños para la fracción de control (3/8", ¼"), los métodos de ensayo descritos en esta norma usan solamente los tamices de 76.2 mm (3") y 4.75 mm (No. 4), por claridad.
- 1.5** Cualquier material que pueda ser excavado con herramientas manuales es susceptible de ser ensayado, siempre y cuando los vacíos en su masa sean suficientemente pequeños (salvo que se use un revestimiento protector interior) para prevenir que la arena usada en el ensayo penetre dentro de ellos. El material que se ensaye debe poseer la cohesión o trabazón de partículas suficiente para mantenerse estable durante la excavación del pozo ya través de todo el ensayo. También, debe tener la firmeza suficiente para no deformarse o convertirse en un lodazal, debido a las presiones ejercidas durante la excavación del hueco y el vertimiento de la arena.

- 1.6** Los métodos de ensayo descritos en esta norma están limitados, generalmente, a materiales parcialmente saturados y no son recomendables sobre materiales blandos o friables (que se desmenuzan con facilidad) o en una condición de humedad tal, que el agua se filtre en el pozo. La exactitud de los métodos de ensayo se puede ver afectada por materiales que se deforman con facilidad o que pueden experimentar cambios de volumen al ser excavados debido a la permanencia o circulación de personas cerca del orificio durante la ejecución del ensayo.

2 DEFINICIONES

- 2.1** *Fracción de control* – Porción de una muestra de suelo compuesta por partículas que pasan un tamiz de un tamaño designado. Esta fracción se usa para comparar los pesos unitarios obtenidos en el terreno con los pesos unitarios hallados en el laboratorio. El tamiz designado para control depende del método usado en el ensayo de compactación de laboratorio.
- 2.2** *Sobretamaños* – Porción de la muestra de suelo cuyas partículas tienen tamaño superior a la abertura del tamiz designado.

3 RESUMEN DEL MÉTODO

- 3.1** Se prepara la superficie del terreno en el sitio elegido para el ensayo y, a continuación, se coloca y fija en posición una plantilla (marco metálico). Se determina el volumen del espacio comprendido entre la parte superior de la plantilla y la superficie del terreno llenándolo con una arena calibrada, usando un recipiente de vertimiento. Se determina la masa de la arena requerida para llenar dicho espacio. Se retira la arena vertida. Se excava el material comprendido entre los bordes de la plantilla para formar un pozo. Se llena el pozo con la arena calibrada y se determinan la masa de la arena vertida y el volumen del pozo. Se calcula la densidad húmeda del material in-situ a partir de la masa del material removido y del volumen del pozo de ensayo. Se determina la humedad del material y luego se calcula su densidad seca en el terreno.

4 IMPORTANCIA Y USO

- 4.1 Estos métodos se usan para determinar el peso unitario in-situ de materiales compactados en la construcción de terraplenes, otros rellenos de carreteras y rellenos estructurales. Para el control de trabajos de construcción, estos métodos se suelen usar como base para la aceptación de material compactado a una densidad especificada o a un porcentaje en relación con un peso unitario máximo de control (como el establecido en las normas INV E-141 e INV E- 142), sujeto a las limitaciones indicadas en el numeral 1.4.
- 4.2 Estos métodos de ensayo se pueden emplear, también, para determinar la densidad in-situ de los materiales (suelos, agregados, mezclas de ellos, inclusive con sobretamaños) de los bancos de préstamo.

5 EQUIPO Y MATERIALES

- 5.1 *Balanzas* – Una, para determinar la masa de la arena calibrada y del suelo excavado; su capacidad debe ser de 20 kg (44 lb) y su aproximación de lectura de 1 g (0.002 lb). Otra, de capacidad mínima de 1000 g (2.2 lb) y lectura con aproximación a 0.1 g (0.0002 lb), para determinar la humedad del material que pasa el tamiz de 4.75 mm (No. 4).
- 5.2 *Horno* – Con control termostático, preferiblemente de tiro forzado, que pueda mantener una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
- 5.3 *Tamices* – De 76.2 mm (3") y 4.75 mm (No. 4).
- 5.4 *Plantilla (marco metálico)* – Cuadrada o circular, para servir de marco a la excavación. Sus dimensiones, forma y material varían según el tamaño del pozo a excavar. De todas maneras, debe poseer la rigidez suficiente para no deflectarse durante el ensayo.

Nota 1: La plantilla mostrada en la Figura 165 - 1 representa un diseño que ha mostrado ser satisfactorio para este propósito.

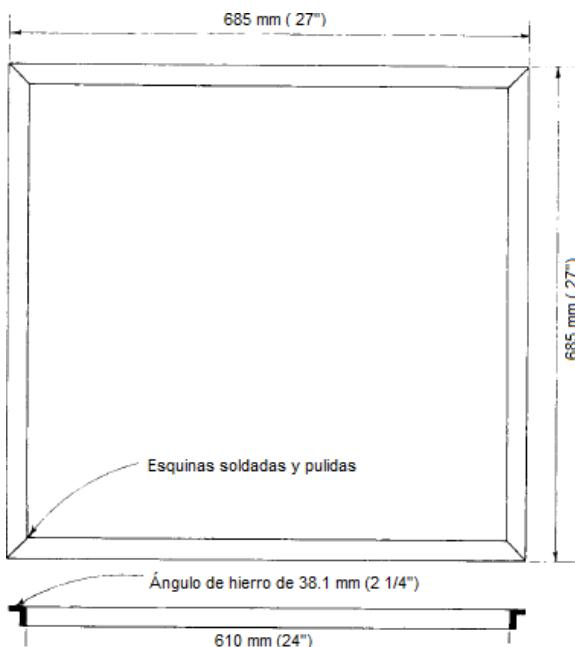
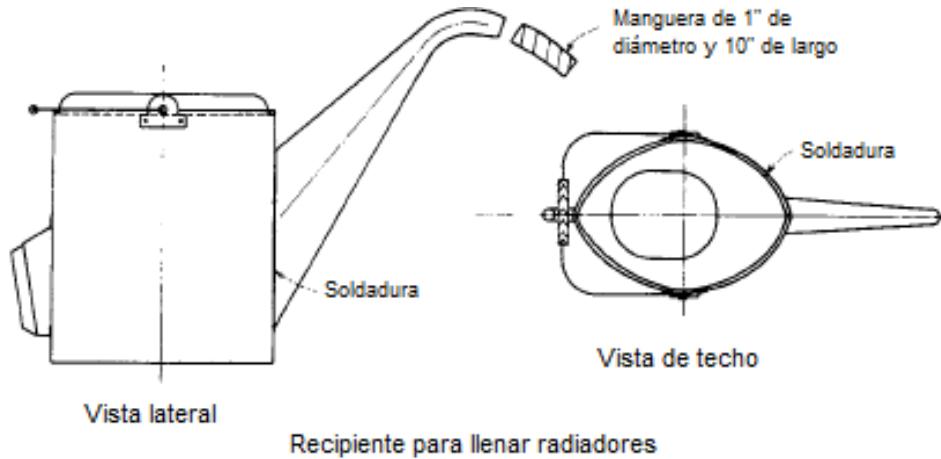


Figura 165 - 1. Plantilla metálica típica

- 5.5 Revestimiento de protección** – De un material adecuado, plástico por ejemplo, que tenga la flexibilidad suficiente para acomodarse perfectamente al contorno del pozo. Su espesor debe ser de, aproximadamente, 0.0125 mm (0.0005") y su tamaño debe ser tal, que se pueda extender 30 cm (1 pie) hacia el exterior del borde de la plantilla.
- 5.6 Recipientes para verter la arena (Ver Figura 165 - 2)** – Pueden ser de muchas clases. Lo importante es que tengan un conducto de salida (pico) que llegue dentro del orificio, de manera que la distancia de caída desde el extremo del conducto a la superficie de la arena se pueda mantener en unos 50 mm (2") durante el desarrollo del ensayo. El diámetro interno del conducto debe ser suficiente para permitir que la arena fluya sin obstrucción alguna.



Recipiente para llenar radiadores

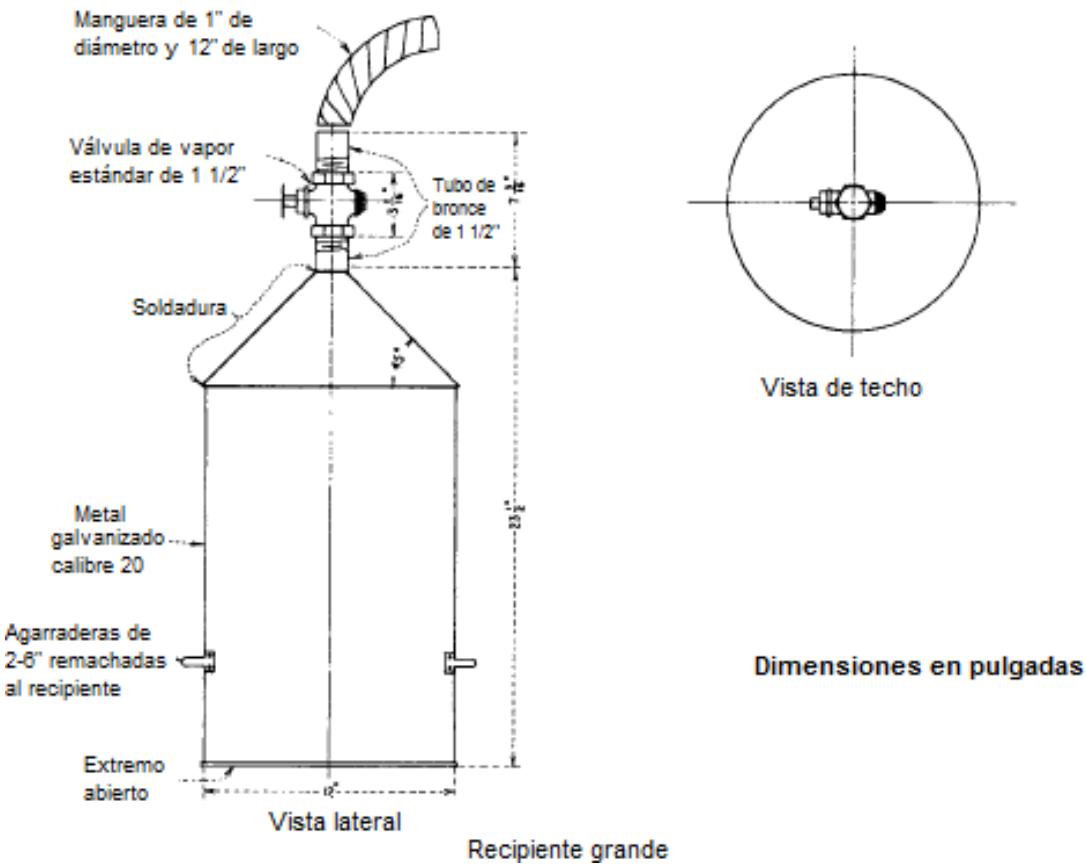


Figura 165 - 2. Modelos de recipientes para verter la arena

- 5.7 Regla metálica** – De unos 50 mm (2") de altura, de no menos de 3 mm (1/8") de espesor y con una longitud igual a 1.5 veces el lado o diámetro de la plantilla. Se usa para emparejar la arena que rebose sobre la plantilla. Debe poseer una rigidez suficiente para no sufrir pandeo durante el emparejamiento de la arena.

5.8 Arena – Debe ser limpia, seca, uniforme, sin cementación, durable y de flujo libre. Su gradación, características físicas, selección y almacenamiento, deben cumplir los requisitos indicados en la norma INV E-161, salvo que el tamaño máximo puede ser de 4.75 mm (No. 4).

5.8.1 Si los métodos de ensayo de esta norma se usan en pozos de más de 0.17 m³ (6 pies³), se puede usar un material de tamaño único de mayor tamaño, que sea prácticamente libre de finos (por ejemplo, una grava fina redondeada de tamaño uniforme)

5.9 Elementos misceláneos – Palas para preparar la superficie de ensayo, martillo para asentar la plantilla, brochas de diferentes tamaños, picos, cinceles, barras, cuchillos y cucharones para formar el pozo, recipientes con tapa u otros recipientes para guardar la muestra y la arena, sin cambio de humedad; bolsas para recoger la arena de desperdicio, tela para recoger el exceso de arena o suelo, y recipientes de metal o porcelana para el secado de las muestras destinadas a la verificación de la humedad.

6 RIESGOS

6.1 Precaución:

6.1.1 Estos métodos de ensayo pueden incluir el manejo de elementos pesados.

6.1.2 Algunas arenas pueden contener o producir polvo, por lo que se requieren tomar precauciones para la respiración del operario, durante su mezclado y vertimiento.

6.2 Advertencias:

6.2.1 Se debe identificar los materiales que fluyan o se deformen durante el ensayo, para adoptar las medidas convenientes.

6.2.2 No se debe permitir el movimiento de equipo pesado en inmediaciones del sitio de ensayo durante la determinación del volumen del pozo.

6.2.3 Pueden surgir errores en el cálculo del peso unitario del material, debido a la influencia de una humedad excesiva del mismo. Estos errores pueden ser significativos en materiales de alta permeabilidad,

como arenas y gravas, cuando el nivel freático se encuentra cerca o bajo el fondo de la excavación. También, se pueden producir por el cambio que sufre la densidad de la arena calibrada, a medida que ella se humedece a causa de la capilaridad o de la presencia de agua libre durante la ejecución del ensayo. El problema se hace evidente cuando al remover la arena del pozo se observa arena húmeda en los costados o el fondo de éste. Cuando se usa el plástico de protección, las fuerzas de subpresión del agua libre también pueden afectar la determinación del volumen.

- 6.2.4** Se deben proteger el área y el equipo de ensayo de las inclemencias del clima (como la lluvia o el viento). Si se requiere conocer la humedad del material in-situ, puede ser necesario proteger el área de los rayos del sol.
- 6.2.5** Se puede requerir un gran número de recipientes durante la ejecución de este ensayo; por lo tanto, ellos deberán encontrarse adecuadamente etiquetados e identificados para evitar confusiones.
- 6.2.6** La masa total de la arena calibrada y/o de la muestra de suelo, pueden exceder la capacidad de la balanza grande, lo que hace necesario pesar por fracciones. Se deberá tener el cuidado necesario para no perder material y obtener correctamente la masa total.
- 6.2.7** Los recipientes usados para verter la arena que contienen válvulas, proporcionan un flujo consistente de arena entre un ensayo y otro, solamente si la válvula se abre completamente todas las veces. Si la válvula se abre solo parcialmente, las características del flujo de arena del dispositivo se alteran sustancialmente. Cada dispositivo tiene unas características propias que pueden hacer que la arena fluya de manera diferente. Los valores de calibración de la arena son afectados por estas características de flujo. Por lo tanto, los valores de calibración no son intercambiables, ni siquiera entre aparatos que puedan parecer idénticos.
- 6.2.8** No se debe permitir que los dispositivos de vertimiento pierdan arena durante el ensayo. Se debe mantener constante el tamaño del chorro de arena que sale del dispositivo. Si la capacidad del recipiente es muy poca para llenar el pozo, se podrán usar dos o más cargas para llenarlo. El chorro de arena se debe suspender cuando el recipiente que la contiene tenga llena menos de una cuarta parte de su volumen y haya

riesgo de que el tamaño del chorro disminuya. En este caso, se vuelve a llenar el recipiente y se continúa vertiendo la arena.

- 6.2.9** Los recipientes de vertimiento permiten una distancia de caída de la arena muy variada, la cual se debe controlar si se quiere que los resultados sean consistentes. Se recomienda que la distancia desde el extremo de salida del conducto de salida del recipiente hasta la superficie de la arena que está siendo vertida, sea de 50 mm (2"). Las variaciones de esta altura afectan notoriamente los resultados. La distancia de caída es afectada directamente por la habilidad del operario para sostener el dispositivo y para calcular la distancia de caída del chorro, en especial cuando el dispositivo está lleno de arena, teniendo en cuenta que el dispositivo puede tener una masa inicial de 20 kg (50 lb) o más, y que la masa se va reduciendo durante el desarrollo del ensayo. Los valores de calibración no son intercambiables entre aparatos y, posiblemente, ni siquiera entre operarios. Cada operario debe demostrar que puede duplicar los valores de calibración de un aparato antes de usarlo, preferiblemente dentro del 1 % de del valor promedio de un operador experimentado. De otro modo, es necesario hacer una calibración independiente para cada operario.

7 CALIBRACIÓN Y NORMALIZACIÓN

- 7.1** La calibración de la arena se describe en el Anexo A.

8 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO PARA EL MÉTODO A – DENSIDAD Y PESO UNITARIO IN-SITU DEL MATERIAL TOTAL

- 8.1** Se debe emplear el Método A para determinar el peso unitario total (Ver numeral 1.4).
- 8.2** Se determina el volumen recomendado de la muestra y se elige la plantilla metálica apropiada para la gradación anticipada del material, de acuerdo con lo que se indica en el Anexo B. Se ensambla el resto del equipo requerido.
- 8.3** Se determina la masa de cada combinación de recipiente vacío, tapa y revestimiento de protección (si se usa) que contendrán el material excavado.

Los recipientes se deberán numerar y marcar de acuerdo con el uso que van a tener. Se anota la masa sobre el recipiente o en una lista elaborada al efecto.

8.4 Se prepara el volumen de arena que se va a usar.

8.4.1 Se requieren dos juegos de arena calibrada. La determinación del volumen del pozo de ensayo precisa dos cargas diferentes de arena para (1) medir la masa de arena usada para llenar el espacio entre la superficie del suelo y el borde la plantilla metálica, y (2) medir la masa de arena utilizada para llenar el pozo hasta el borde superior de la plantilla. La diferencia entre los dos valores, da la masa de arena que ocupó el pozo de ensayo.

8.4.2 Se estiman la masa de arena calibrada que se necesita y el número de recipientes con arena necesarios para llenar el espacio entre la superficie del suelo y el borde la plantilla metálica. Esta masa de estima multiplicando el volumen del espacio de la plantilla por la densidad de la arena calibrada. Se numeran los recipientes que se van a utilizar y se marcan de acuerdo con el uso que tendrán (por ejemplo, con letreros que digan “corrección por la plantilla”). Se llenan los recipientes con arena. Se determinan y anotan, en una lista separada, las masas de los recipientes llenos de arena.

8.4.3 A partir del volumen anticipado del pozo de ensayo, se estima la cantidad de arena calibrada que se necesita para llenarlo y se aumenta dicha cantidad en 25 %, con el fin de asegurar que se dispondrá de un suministro suficiente de arena en el sitio del ensayo. Se determina el número de recipientes requeridos, se numeran y se marcan de acuerdo con el uso que tendrán (por ejemplo, con letreros que digan “pozo de ensayo”). Se llenan los recipientes con arena. Se determinan y anotan, en otra lista separada, las masas de los recipientes llenos de arena.

8.5 Se escoge un área representativa para la ejecución del ensayo, evitando sitios donde la remoción de partículas de gran tamaño pueda socavar el apoyo de la plantilla.

8.6 Se prepara la superficie del área escogida para el ensayo.

8.6.1 Se remueve todo material suelto del área donde se vaya a colocar la plantilla. Se prepara la superficie expuesta, de manera que quede firme y a nivel.

- 8.6.2** Nadie se debe parar encima del sitio escogido para el ensayo. Se deberá instalar una plataforma de trabajo, cuando se sospeche que los materiales a ensayar pueden fluir o deformarse.
- 8.7** Se coloca y asienta la plantilla sobre la superficie preparada.
- 8.7.1** Se debe usar un martillo para asentar firmemente la plantilla y evitar su movimiento mientras se realiza el ensayo. Se pueden usar clavos, pesas u otros medios para mantenerla en posición.
- 8.7.2** Se remueve cualquier material que se suelte mientras se esté colocando y asentando la plantilla, teniendo cuidado de no dejar ningún espacio vacío bajo el marco de ella. Si llegan a quedar vacíos allí, se deberán llenar con suelo plástico, plastilina u otro material apropiado, con tal de que dicho material no vaya a ser excavado y computado como parte del material extraído del pozo.
- 8.8** Se determina la masa de arena requerida para llenar el espacio entre la superficie del suelo y el borde superior de la plantilla.
- 8.8.1** Se deben tener en cuenta las irregularidades que presente el suelo dentro de la plantilla. Para hacerlo, se determina la masa de arena requerida para llenar el espacio entre la superficie del suelo y el borde superior de la plantilla.
- 8.8.2** Se recomienda colocar sobre la plantilla una tela grande, con un orificio algo mayor que el hueco de la plantilla, para facilitar la ubicación y recolección de cualquier exceso de arena y/o material suelto.
- 8.8.3** Se coloca sobre la plantilla un plástico de espesor aproximado de 0.013 mm y se le da forma manualmente para conformarlo con la superficie irregular del suelo y la plantilla. El plástico debe tener un tamaño suficiente para que sus bordes lleguen 30 cm (1 pie) más allá del borde de la plantilla. El plástico no se debe colocar muy tenso, pero tampoco puede contener muchos dobleces o arrugas (Figura 165 - 3).

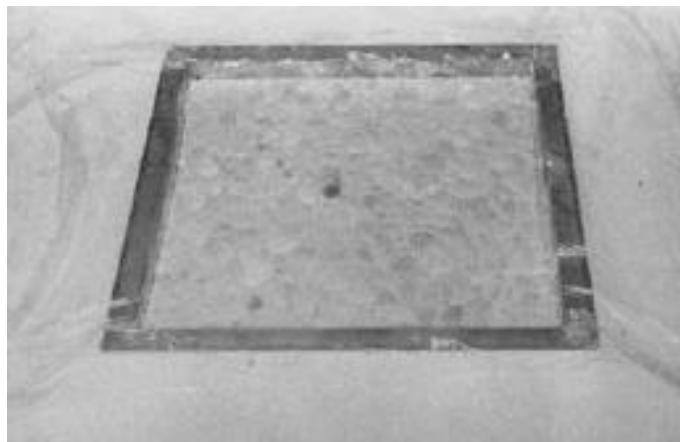


Figura 165 - 3. Lámina de plástico colocada sobre la plantilla

- 8.8.4** Se vierte la arena calibrada sobre el plástico dentro de la plantilla, usando el recipiente de vertimiento (Figura 165 - 4). Se sobrellena ligeramente la plantilla (Ver numerales 6.2.7 a 6.2.9). Toda arena que sobre dentro del recipiente de vertimiento se lleva al recipiente de almacenamiento.



Figura 165 - 4. Vertimiento de arena dentro de la plantilla

- 8.8.5** Empleando la regla (Ver numeral 5.7), se nivea cuidadosamente la arena a través de los bordes de la plantilla. Los excesos de arena se devuelven al recipiente de almacenamiento. Se debe tener cuidado para no perder ninguna porción de la arena de exceso.
- 8.8.6** Se remueve la arena calibrada que ocupó la plantilla y, si se desea recuperarla, se coloca en uno de los recipientes marcados especialmente. En seguida, se retira el plástico.

8.9 Se excava el pozo de ensayo.

8.9.1 Se excava la porción central del pozo, empleando herramientas manuales (cincel, cuchillo, barra, etc.).

8.9.1.1 No se debe permitir la circulación de equipo pesado en vecindades del área de ensayo, para evitar que ocurra alguna deformación del pozo.

8.9.2 Todo el material excavado del pozo se coloca en recipientes (Figura 165 - 5), evitando cualquier pérdida de material.



Figura 165 - 5. Excavación del pozo de ensayo

8.9.3 Las pérdidas de humedad del material se evitan manteniendo el recipiente cubierto cuando no se esté colocando suelo dentro de él. El material se debe introducir en bolsas plásticas, antes de colocarlo en los recipientes.

8.9.4 Se cortan cuidadosamente los lados de la excavación, de manera que la forma del pozo se ajuste lo mejor posible a la del orificio de la plantilla. Se debe evitar la alteración de la plantilla o del material que se encuentra debajo o por fuera de su marco.

8.9.5 Se lleva la excavación hasta la profundidad requerida. Si durante la excavación se encuentran partículas cuyo tamaño es una y media veces o más que el tamaño máximo de partícula utilizado para establecer las dimensiones y el volumen mínimo del pozo (Ver Anexo B), dichas partículas se disponen por separado y se identifican adecuadamente. Su masa y su volumen se deberán determinar y sustraer luego de la

masa y del volumen de todo el material removido del pozo. Dichas partículas se deberán considerar como “sobretamaños” y se seguirá el protocolo indicado en la Sección 9, excepto que no se requiere calcular el peso unitario “total” (el cual debería incluir las partículas de mayor tamaño). Los valores determinados de la “fracción de control” se convierten, entonces, en los valores para el material total del pozo. Si se encuentra que la proporción de partículas de tamaño excesivo alcanza el 5 % o más de la masa del material excavado, se deberá repetir el ensayo, excavando un pozo de mayor volumen, en acuerdo con lo indicado en el Anexo B.

- 8.9.6** Los lados del pozo deberán tener una ligera pendiente hacia el interior. Los materiales que exhiban poca cohesión pueden requerir la excavación de un pozo con una forma piramidal o cónica (Ver Anexo B).
- 8.9.7** El perfil del pozo terminado debe ser tal, que la arena vertida pueda llenar completamente la excavación. La paredes deberán ser tan lisas como resulte posible y libres de cavidades y salientes o cualquier otro obstáculo que interfiera con el libre flujo de la arena.
- 8.9.8** Se retira del fondo del pozo todo material que se encuentre suelto.

8.10 Se determina el volumen del pozo.

Nota 2: Puede ser necesaria la colocación de una lámina plástica de revestimiento para prevenir la migración de arena hacia los vacíos del material in-situ. Sus características deberán ser las mencionadas en el numeral 5.5 y su colocación dentro del pozo deberá ser muy cuidadosa, asegurando que se acomode a la forma de éste, sin que quede muy tensa, ni con demasiados dobleces o arrugas. También, se debe verificar que no tenga perforaciones.

- 8.10.1** Se vierte la arena dentro del pozo, con un recipiente apropiado (Ver numeral 5.6). Se deberá emplear la misma técnica usada para la calibración (Ver Anexo A). La arena deberá sobrellenar levemente la plantilla. Toda arena no utilizada se deberá devolver al recipiente original.

8.10.1.1 Mientras se esté vertiendo la arena, se deberá evitar cualquier vibración en el área del ensayo.

- 8.10.2** Se enrasa cuidadosamente la arena calibrada, pasando la regla metálica sobre los bordes de la plantilla. Toda la arena sobrante del

enrase se deberá regresar al recipiente original. No se debe perder ningún exceso de arena.

- 8.10.3** Si la arena empleada se va a recuperar, se deberá remover del pozo y colocar en un recipiente especial debidamente marcado. Se retiran, también, el plástico protector y la plantilla.

8.11 Se determina el peso unitario seco del material *insitu*.

- 8.11.1** Se determina la masa de arena calibrada que ocupó la plantilla (arena que llenó el espacio entre la superficie del suelo y el borde superior de la plantilla), de la siguiente manera:

8.11.1.1 Se calcula y anota la masa total de la arena y los recipientes preparados, según se indicó en el numeral 8.4.2. Se anotan los números de los recipientes.

8.11.1.2 Se determina y anota la masa total de los recipientes que quedaron vacíos y los que quedaron con arena no usada en la operación de llenado de la plantilla.

8.11.1.3 Por diferencia, se calcula la masa de arena en la plantilla y se registra su valor.

- 8.11.2** Se determina la masa de arena calibrada que ocupó el pozo y la plantilla (arena que llenó el pozo y alcanzó el borde superior de la plantilla), de la siguiente manera:

8.11.2.1 Se calcula y anota la masa total de la arena y los recipientes preparados, según se indicó en el numeral 8.4.3. Se anotan los números de los recipientes.

8.11.2.2 Se determina y anota la masa total de los recipientes que quedaron vacíos y los que quedaron con arena no usada en la operación de llenado del pozo.

8.11.2.3 Se calcula la masa de arena que ocupó el pozo y la plantilla (masa de la arena usada) y se registra su valor.

- 8.11.3** Se calcula la masa de la arena usada para llenar el pozo y se anota el valor correspondiente.

8.11.4 Se anota la densidad de la arena calibrada, la cual se determina como se indica en el Anexo A.

8.11.5 Se calcula el volumen del pozo y se anota su valor.

8.11.6 Se determina la masa total del material excavado, junto con la de los recipientes que lo contienen.

8.11.7 Se determina y anota la masa de los recipientes usados para colocar el material excavado (incluyendo la de las bolsas plásticas dentro de las cuales se introdujo el material en el terreno, si se utilizaron). Se anotan, también, los números de los recipientes.

8.11.8 Se calcula y anota la masa del material excavado.

8.11.9 Se calcula la densidad húmeda del material excavado y se registra el valor correspondiente.

8.11.10 Si el material excavado contenía sobretamaños (normalmente partículas de más de 4.75 mm en el caso de suelos cohesivos o de 75 mm en el caso de materiales granulares), se separan usando el tamiz apropiado. Si el material contiene aproximadamente 3 % o más de sobretamaños (sobre la base del material húmedo), se deberá emplear el Método B de ensayo (Sección 9).

8.11.11 Si la cantidad de sobretamaños es igual o inferior a 2 %, se obtiene una muestra representativa del material excavado y se determina su humedad, de acuerdo con las normas INV E-122 o INV E-216.

Nota 3: Para una determinación rápida de la humedad de materiales que contienen menos de 15 % de finos (pasante del tamiz No. 200), se puede usar un reverbero. El material se debe agitar para acelerar el secado y evitar el sobrecalentamiento. Se considera que el secado es completo, cuando un calentamiento adicional produce un cambio de masa inferior a 0.1 %.

8.11.12 Si se requiere o se desea, se calculan y anotan la densidad seca y el peso unitario seco del material.

9 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO PARA EL MÉTODO B – DENSIDAD Y PESO UNITARIO IN-SITU DE LA FRACCIÓN DE CONTROL

- 9.1** Este método se emplea cuando el material que se está ensayando contiene sobretamaños y se debe determinar el porcentaje de compactación o la densidad relativa de la fracción de control (Ver numeral 1.4).
- 9.2** Se obtiene la densidad húmeda in-situ del material total siguiendo el Método A, conforme se establece en los numerales 8.1 a 8.9.
- 9.3** Para obtener la densidad húmeda de la fracción de control, se determinan la masa y el volumen de los sobretamaños y se sustraen de la masa y el volumen totales, con el fin de hallar la masa y el volumen de la fracción de control, a partir de los cuales se podrá calcular su densidad.
 - 9.3.1** Normalmente, se calcula la densidad húmeda de la fracción de control y luego, conociendo su humedad, se determina su densidad seca.
 - 9.3.2** Además, se deben determinar la humedad de los sobretamaños, la humedad del material total y el porcentaje de sobretamaños.
- 9.4** Luego de que se determine la masa total del material excavado del pozo, se separa el material entre sobretamaños y fracción de control, empleando el tamiz designado para ello. Esto se debe hacer rápidamente, para minimizar las pérdidas de humedad. Si el ensayo tiene por finalidad el control de la construcción, la fracción de control se deberá colocar en un recipiente hermético para futuras pruebas.
- 9.5** Se lavan los sobretamaños y se reduce el agua libre de la superficie de las partículas empleando papel absorbente, escurrimiento u otro método apropiado.
- 9.6** Se determina la masa húmeda de las partículas más el de un recipiente de masa predeterminada, y se registra su valor.
- 9.7** Se calcula y anota la masa húmeda de los sobretamaños.
- 9.8** Se calcula y anota la masa húmeda de la fracción de control.
- 9.9** Se determina el volumen de los sobretamaños, por alguno de los métodos siguientes:

9.9.1 Se determina y anota la masa de todos los sobretamaños mientras están suspendidos en agua, usando el protocolo de la norma INV E- 223, pero obviando el secado en el horno y el período de inmersión de 24 horas. Se calcula y anota el volumen de los sobretamaños.

9.9.2 Otro método consiste en calcular el volumen usando un valor conocido de gravedad específica bulk. Si hay resultados de ensayos previos para determinarla en la misma fuente de materiales y los valores son relativamente constantes, se podrá asumir un valor de la gravedad específica bulk. Este valor debe corresponder a la condición de humedad que tenían los sobretamaños cuando se determinó su masa. Como se usa en este método de ensayo, la gravedad específica bulk se debe determinar en la condición de humedad establecida en los numerales 9.5 a 9.7. Si se usa una gravedad específica de material seco al horno o en condición saturada y superficialmente seca (SSS), entonces la masa de los sobretamaños se deberá determinar en esas mismas condiciones.

9.10 Se calcula y registra el volumen de la fracción de control.

9.11 Se calcula la densidad húmeda de la fracción de control.

9.12 Se determina la humedad de la fracción de control de acuerdo con las normas INV E-122 o INV E-216 y se anota el valor correspondiente (Ver nota 3).

9.13 Se calculan y anotan la densidad seca y el peso unitario seco de la fracción de control.

9.14 Si se desea, se determina la humedad de los sobretamaños, siguiendo las normas INV E-122 o INV E-216 y se anota el valor correspondiente (Ver nota 3). Si hay resultados de ensayos anteriores sobre la humedad de los sobretamaños de una fuente y los valores son relativamente constantes, se podrá asumir el valor de esta humedad.

9.15 Si se desea, se determina el porcentaje de sobretamaños, como sigue:

9.15.1 Se calcula y anota la masa seca de la fracción de control.

9.15.2 Se calcula y anota la masa seca de los sobretamaños.

9.15.3 Se calcula y anota la masa seca del material total.

9.15.4 Se calcula y anota el porcentaje de sobretamaños.

9.16 Se calcula la humedad del material total.

9.17 Si se desea, se calcula y registra la densidad seca y el peso unitario seco del material total.

10 CÁLCULOS DEL ENSAYO POR EL MÉTODO A

10.1 Se calcula la masa de la arena contenida en la plantilla:

$$m_6 = m_2 - m_4 \quad [165.1]$$

Donde: m_6 : Masa de la arena en la plantilla, kg;

m_2 : Masa de la plantilla, la arena y los recipientes (antes del ensayo), kg;

m_4 : Masa de la plantilla, la arena sobrante y los recipientes (después del ensayo), kg.

10.2 Se calcula la masa de arena usada para llenar el pozo y la plantilla:

$$m_5 = m_1 - m_3 \quad [165.2]$$

Donde: m_5 : Masa de la arena usada, kg;

m_1 : Masa de la arena y los recipientes (antes del ensayo), kg;

m_3 : Masa de la arena sobrante y los recipientes (después del ensayo), kg.

10.3 Se calcula la masa de arena utilizada para llenar el pozo:

$$m_7 = m_5 - m_6 \quad [165.3]$$

Donde: m_7 : Masa de la arena en el pozo, kg;

m_5 : Masa de arena usada, kg;

m_6 : Masa de la arena en la plantilla, kg.

10.4 Se calcula el volumen del pozo:

$$V_T = \frac{m_7}{\rho_s} \times \frac{1}{m^3} \quad [165.4]$$

Donde: V_T : Volumen del pozo, m^3 ;

m_7 : Masa de la arena en el pozo, kg;

ρ_s : Densidad de la arena calibrada, Mg/m^3 .

10.5 Se calcula la masa del material húmedo removido del pozo:

$$m_{10} = m_8 - m_9 \quad [165.5]$$

Donde: m_{10} : Masa del material húmedo removido del pozo, kg;

m_8 : Masa del material húmedo removido del pozo más la masa de los recipientes, kg;

m_9 : Masa de los recipientes para m_8 , kg.

10.6 Se calcula la densidad húmeda del material del pozo:

$$\rho_h = \frac{m_{10}}{V_T} \times \frac{1}{m^3} \quad [165.6]$$

Donde: ρ_h : Densidad húmeda del material del pozo, Mg/m^3 ;

m_{10} : Masa del material húmedo removido del pozo, kg;

V_T : Volumen del pozo, m^3 .

10.7 Se calcula la densidad seca del material del pozo:

$$\rho_d = \frac{\rho_h}{1 + \frac{w}{100}} \quad [165.7]$$

Donde: ρ_d : Densidad seca del material del pozo, Mg/m³;

ρ_h : Densidad húmeda del material del pozo, Mg/m³;

w: Contenido de agua del material excavado del pozo, %.

10.8 Si se desea, se calcula el peso unitario seco (γ_d) del material del pozo:

$$\gamma_d \text{ [kN/m}^3\text{]} = \rho_d \times 9.807 \quad [165.8]$$

Donde: ρ_d : Densidad seca del material del pozo, Mg/m³.

11 CÁLCULOS DEL ENSAYO POR EL MÉTODO B

11.1 Se calcula la masa húmeda de los sobretamaños:

$$m_{13} = m_{11} - m_{12} \quad [165.9]$$

Donde: m_{13} : Masa húmeda de los sobretamaños, kg;

m_{11} : Masa húmeda de los sobretamaños y del recipiente, kg;

m_{12} : Masa del recipiente, kg.

11.2 Se calcula la masa húmeda de la fracción de control:

$$m_{18} = m_{10} - m_{13} \quad [165.10]$$

Donde: m_{18} : Masa húmeda de la fracción de control, kg;

m_{10} : Masa del material húmedo removido del pozo, kg;

m_{13} : Masa húmeda de los sobretamaños, kg.

11.3 Se calcula el volumen de los sobretamaños, a partir de su masa en el aire y en el agua:

$$V_{ST} = \frac{m_{13} - m_{14}}{1 \text{ g/cm}^3} \times \frac{1}{10^3} \quad [165.11]$$

Donde: V_{ST} : Volumen de los sobretamaños, m^3 ;

m_{13} : Masa húmeda de los sobretamaños, kg;

m_{14} : Masa de los sobretamaños suspendidos en agua, kg;

1 g/cm^3 : Densidad del agua;

$1/10^3$: Constante para convertir g/cm^3 a kg/m^3 .

11.4 Se calcula el volumen de los sobretamaños, a partir de una gravedad específica bulk conocida:

$$V_{ST} = \frac{m_{13}}{G_m \times (1 \text{ g/cm}^3)} \times \frac{1}{10^3} \quad [165.12]$$

Donde: V_{ST} : Volumen de los sobretamaños, m^3 ;

m_{13} : Masa húmeda de los sobretamaños, kg;

G_m : Gravedad específica bulk de los sobretamaños.

11.5 Se calcula el volumen de la fracción de control:

$$V_C = V_T - V_{ST} \quad [165.13]$$

Donde: V_C : Volumen de la fracción de control, m^3 ;

V_T : Volumen del pozo, m^3 ;

V_{ST} : Volumen de los sobretamaños, m^3 .

11.6 Se calcula la densidad húmeda de la fracción de control:

$$\rho_h(c) = \frac{m_{18}}{V_c} \times \frac{1}{10^3} \quad [165.14]$$

Donde: $\rho_h(c)$: Densidad húmeda de la fracción de control, Mg/m³;

m_{18} : Masa húmeda de la fracción de control, kg;

V_c : Volumen de la fracción de control, m³.

11.7 Se calcula la densidad seca de la fracción de control:

$$\rho_d(c) = \frac{\rho_h(c)}{1 + \frac{w_f}{100}} \quad [165.15]$$

Donde: $\rho_d(c)$: Densidad seca de la fracción de control, Mg/m³;

ρ_h : Densidad húmeda de la fracción de control, Mg/m³;

w_f : Contenido de agua de la fracción de control, %.

11.8 Si se desea convertir la densidad seca en peso unitario seco, se aplica la fórmula del numeral 10.8.

11.9 Se calcula la masa seca de la fracción de control:

$$m_{19} = \frac{m_{18}}{1 + \frac{w_f}{100}} \quad [165.16]$$

Donde: m_{19} : Masa seca de la fracción de control, kg;

m_{18} : Masa húmeda de la fracción de control, kg;

w_f : Contenido de agua de la fracción de control, %.

11.10 Se calcula la masa seca de los sobretamaños usando alguna de las siguientes expresiones, según la información disponible:

$$m_{17} = m_{15} - m_{16} \quad [165.17]$$

$$m_{17} = \frac{m_{13}}{1 + \Delta \frac{w_{ST}}{100}} \quad [165.18]$$

Donde: m_{17} : Masa seca de los sobretamaños, kg;

m_{15} : Masa seca de los sobretamaños y el recipiente, kg;

m_{16} : Masa del recipiente, kg;

m_{13} : Masa húmeda de los sobretamaños, kg;

w_{ST} : Contenido de agua de los sobretamaños, %.

11.11 Se calcula la masa seca de la muestra total:

$$m_{20} = m_{19} + m_{17} \quad [165.19]$$

Donde: m_{20} : Masa seca de la muestra total (fracción de control más sobretamaños), kg;

m_{19} : Masa seca de la fracción de control, kg;

m_{17} : Masa seca de los sobretamaños, kg.

11.12 Se calcula el porcentaje de sobretamaños:

$$P = \frac{m_{17}}{m_{20}} \times 100 \quad [165.20]$$

Donde: P : Porcentaje de sobretamaños;

m_{17} : Masa seca de los sobretamaños, kg;

m_{20} : Masa seca de la muestra total (fracción de control más sobretamaños), kg.

11.13 Se calcula el contenido de agua (humedad) del material total:

$$w = \frac{m_{10} - m_{20}}{m_{20}} \times 100 \quad [165.21]$$

Donde: w : Contenido de agua del material extraído del pozo, %;

m_{10} : Masa del material húmedo removido del pozo, kg;

m_{20} : Masa seca de la muestra total (fracción de control más sobretamaños), kg;

11.14 Si se desea, se calcula el peso unitario seco (γ_d) del material del pozo:

$$\gamma_d \text{ kN/m}^3 = \rho_d \times 9.807 \quad [165.22]$$

Donde: ρ_d : Densidad seca del material del pozo, Mg/m³.

11.15 En ocasiones, puede ser necesario expresar la densidad in-situ como un porcentaje de otra densidad de referencia; por ejemplo, la máxima determinada de acuerdo a los procedimientos de las normas INV E-141 e INV E-142. Esta relación se puede determinar dividiendo la densidad in-situ por la densidad máxima de laboratorio y multiplicando por 100. Siempre que serequiera, se deberán efectuar las correcciones por sobretamaños, según la norma INV E-143.

12 INFORME

12.1 Se deberá presentar la siguiente información:

12.1.1 Localización del sitio de ensayo (coordenadas, abscisa, cota).

12.1.2 Volumen del pozo.

12.1.3 Densidad húmeda in-situ, total o de la fracción de control, o ambas.

12.1.4 Densidad seca in-situ, total o de la fracción de control, o ambas.

12.1.5 Si se requiere, peso unitario seco in-situ, total y/o de la fracción de control.

12.1.6 Humedad in-situ, total o de la fracción de control, y método de ensayo usado para determinarla.

12.1.7 Descripción de los aparatos utilizados.

12.1.8 Descripción de los procedimientos de calibración.

12.1.9 Densidad de la arena calibrada.

12.1.10 Comentarios sobre la ejecución del ensayo.

12.1.11 Descripción visual del material.

12.1.12 Si se determinó o se asumió, la gravedad específica bulk y el método de ensayo usado.

13 PRECISIÓN Y SESGO

13.1 *Precisión* – No se presentan datos sobre precisión, debido a la naturaleza de los suelos y materiales rocosos ensayados por estos métodos.

13.2 *Sesgo* – No hay valor de referencia aceptado para estos métodos; por lo tanto, no se puede determinar el sesgo.

14 NORMAS DE REFERENCIA

ASTM D 4914 – 08

ANEXO A (Aplicación obligatoria)

CALIBRACIÓN DE LA ARENA Y DEL RECIPIENTE PARA VERTERLA

A.1 *Objeto:*

- A.1.1** La calibración determina una densidad promedio de la arena usada para calcular el volumen de un pozo excavado para determinar la densidad in-situ de suelos y rocas.

Nota A.1: En esta norma, el término “roca” se emplea específicamente para referirse a materiales que contienen partículas de más de 75 mm (3").

A.2 *Resumen del método:*

- A.2.1** Usando un recipiente específico de vertimiento, se vierte arena dentro de un molde de forma y tamaño similares a un pozo de campo, para determinar la densidad de la arena, tal como ella se vierte en acuerdo con las condiciones indicada en esta norma.

A.3 *Importancia y uso:*

- A.3.1** Este procedimiento de calibración tiene por finalidad obtener un valor de la densidad de la arena usando un recipiente específico para su vertimiento; densidad con la cual se puede determinar el volumen de un pozo excavado en el terreno, para determinar el peso unitario in- situ.

A.3.2 Este procedimiento se debe realizar:

- A.3.2.1** Cuando se recibe un nuevo despacho de arena.

- A.3.2.2** A intervalos no mayores de 14 días, cuando diariamente se realizan varios ensayos.

- A.3.2.3** Si los ensayos se hacen con una frecuencia muy escasa, la arena se deberá calibrar al inicio de cada nueva serie de ensayos.

- A.3.2.4** Cuando haya cualquier cambio de equipo, personal, tamaño o forma del pozo.

- A.3.2.5** Luego de que ocurran cambios significativos en la humedad atmosférica o en la humedad de la arena. La arena se deberá encontrar lo más seca que resulte posible.

Nota A.2: La mayor parte de las arenas presenta la tendencia a absorber humedad de la atmósfera. Una cantidad muy pequeña de humedad absorbida puede producir un cambio importante en la densidad bulk. En zonas de alta humedad o donde la humedad sufra cambios a menudo, puede ser necesario determinar la densidad de la arena con una frecuencia mayor que la indicada en A.3.2.2.

A.4 Aparatos:

- A.4.1** *Regla metálica* – De unos 50 mm (2") de altura, de no menos de 3 mm (1/8") de espesor y con una longitud igual a 1.5 veces el lado del molde calibración. Se usa para emparejar la arena. Debe poseer una rigidez suficiente para no sufrir pandeo durante el emparejamiento de la arena.
- A.4.2** *Molde* – Similar en tamaño y forma a los pozos a excavar en el terreno. Su volumen se debe determinar de acuerdo con los principios descritos en el Anexo C.
- A.4.3** *Equipo misceláneo* – Cubetas para mezclar y recuperar arena, bandejas, papel grueso, y brochas y cucharones para el manejo de la arena recuperada.

A.5 Riesgos técnicos:

- A.5.1** Consistencia en el flujo de la arena (Ver numerales 6.2.7 a 6.2.9).

A.5.2 Vibración de la arena vertida:

- A.5.2.1** Cualquier vibración o percusión de la arena vertida, sea que el proceso de vertido se haya completado o no, produce densificación de la arena y resultados erróneos de los ensayos. Para alcanzar resultados consistentes, la arena debe fluir libremente sin ninguna agitación exterior.

- A.5.2.2** La remoción de la arena que quede sobre el tope del molde de calibración se debe realizar con la menor vibración posible.

A.5.2.3 Durante el proceso de calibración, los moldes de calibración se deben colocar sobre una superficie rígida y libre de vibraciones.

A.5.3 Arena recuperada:

A.5.3.1 Como regla general, no es deseable la recuperación de la arena para ensayos posteriores.

A.6 Acondicionamiento:

A.6.1 La arena se debe almacenar en tolvas o en recipientes apropiados para mantener una condición seca uniforme. Una caneca de 55 galones con una válvula cerca del fondo constituye un excelente recipiente de almacenamiento. En zonas donde se experimenten cambios de humedad significativos, puede ser necesaria la instalación de una fuente interna de calor, como una cinta de calor (*heat tape*).

A.6.2 Cuando se introduzca un nuevo suministro de arena en la tolva o recipiente de almacenamiento, y antes de cada calibración, se debe mezclar totalmente la arena. Los registros de calibración deben documentar todo nuevo suministro, con las fechas en que se han introducido en la tolva o recipiente de almacenamiento.

A.7 Procedimiento:

A.7.1 Se determina y anota la masa del molde.

A.7.2 Se coloca el molde de calibración sobre una superficie rígida.

A.7.3 Usando el recipiente para verter la arena, se la vierte dentro del molde de calibración, de manera que éste quede ligeramente sobrellenado. Se debe usar un movimiento circular, para garantizar que la arena conserve siempre un nivel uniforme. El conducto del tubo de vertimiento (pico) del recipiente se debe mantener 50 mm (2") sobre la superficie de la arena durante todo el proceso de vertimiento. Mantener la altura constante y evitar vibraciones, son medidas fundamentales para alcanzar resultados consistentes (Ver A.5.2).

A.7.3.1 Si la capacidad del recipiente de vertimiento es muy pequeña para llenar el molde de calibración en una sola carga, se deberán emplear las adicionales que sean necesarias para llenarlo. (Ver numeral 6.2.8).

A.7.4 Usando la regla, se remueve el exceso de arena que quede sobre el borde superior del molde (Ver A.5.2.2).

A.7.5 Se determina y anota la masa de la arena más el molde de calibración.

A.7.6 Se determina y anota la masa de la arena que cupo en el molde de calibración.

A.7.7 Se calcula y anota la densidad de la arena.

A.7.8 Se hace un segundo tanteo repitiendo los pasos A.7.1 a A.7.7.

A.7.9 Se determina la uniformidad de los dos valores obtenidos, dividiendo un valor por el otro. Si la relación está entre 0.990 y 1.010, inclusive, se promedian los dos valores y se registra dicho valor. Si la relación cae por fuera de dicho rango, se deberá proceder según A.7.10.

A.7.9.1 Se compara la densidad registrada con los valores determinados previamente, para ver si el valor es consistente y razonable. Si no lo es, se deberá proceder según A.7.10.

A.7.10 Se verifica que todo el equipo funcione correctamente, que las calibraciones sean correctas y que los procedimientos y técnicas utilizados sean apropiados. Si no se detectan problemas, se descarta toda la arena usada en la calibración y se repite el procedimiento usando arena fresca del suministro original.

A.8 Cálculos:

A.8.1 Se calcula la densidad de la arena de la siguiente manera:

$$\rho_s = \frac{m}{V} \times \frac{1}{10^3} \quad [165.23]$$

Donde: ρ_s : Densidad de la arena, Mg/m³;

m: Masa de la arena dentro del molde calibración, kg; V:

Volumen del molde de calibración, m³.

A.8.2 Esta densidad de la arena es válida, únicamente, cuando ella se emplee con el recipiente de vertimiento usado en la calibración. Si se dispone de más recipientes, se deberá efectuar una calibración independiente con cada uno de ellos.

ANEXO B (Informativo)

GUÍAS PARA DETERMINAR LAS DIMENSIONES DEL POZO Y PARA ELEGIR LA PLANTILLA

- B.1** Este anexo presenta guías para seleccionar las dimensiones del pozo y el tipo de plantilla, dependiendo del tamaño máximo de partícula presente en el material que se ensaya. Las recomendaciones se encuentran en las Tablas 165B - 1 y 165B - 2 y las formas típicas de los pozos se muestran en la Figura 165B - 1.
- B.2** La intención de estas guías es tratar de que se obtengan muestras representativas y en condiciones prácticas de trabajo.
- B.3** Las guías de la Tabla 165B - 1 aplican a pozos de las formas A y B mostradas en la Figura 165B - 1. Estos pozos se usan, generalmente, para materiales que no permiten el drenaje libre, o cohesivos, donde la gradación y la angulosidad de partículas permitan una excavación con paredes casi verticales.
- B.4** Las guías de la Tabla 165B - 2 aplican a pozos de la forma C mostrada en la Figura 165B - 1. Este tipo de pozo se excava donde no resulte posible excavarlos con las formas A o B. En este caso, la pendiente de las paredes de la excavación es mucho menor, aproximadamente igual al ángulo de reposo del material.
- B.5** Estas guías solo aplican cuando se siguen las limitaciones indicadas en los numerales 1.5 y 1.6, en relación con los materiales blandos o inestables.

Tabla 165B - 1. Plantilla de ensayo y volumen mínimo de excavación

TAMAÑO MÁXIMO DE PARTÍCULA (mm)	VOLUMEN MÍNIMO REQUERIDO (m ³)	ABERTURA DE LA PLANTILLA	PROFUNDIDAD MÍNIMA REQUERIDA (mm)
75	0.03	0.60 m (marco cuadrado)	300
125	0.06	0.75 m (marco cuadrado)	450
200	0.23	1.20 m (anillo circular)	600
300	0.76	1.80 m (anillo circular)	600
450	2.55	2.70 m (anillo circular)	900

Nota: Cuando el tamaño máximo de partícula sea superior a 450 mm, se deberá analizar cada caso de manera individual

Tabla 165B - 2. Plantilla de ensayo y volumen mínimo de excavación

TAMAÑO MÁXIMO DE PARTÍCULA (mm)	VOLUMEN MÍNIMO REQUERIDO (m ³)	ABERTURA DE LA PLANTILLA	PROFUNDIDA D MÍNIMA REQUERIDA (mm)	DIÁMETRO APROXIMADO DEL POZO EN LA SUPERFICIE (mm)
75	0.03	0.83 m (marco cuadrado)	250	750
125	0.06	1.00 m (marco cuadrado)	300	900
200	0.23	1.55 m (anillo circular)	450	1350

Nota: Cuando el tamaño máximo de partícula sea superior a 200 mm, se deberá analizar cada caso de manera individual

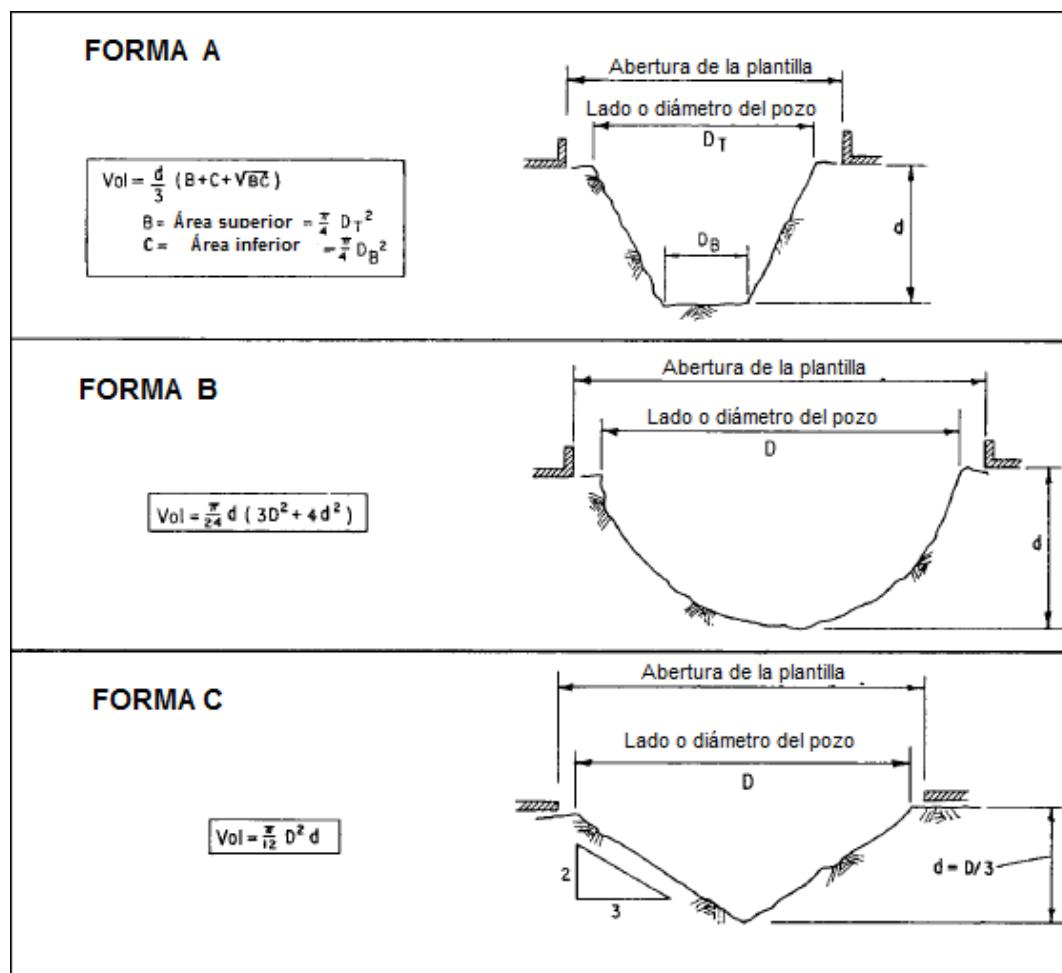


Figura 165B - 1. Configuraciones de pozos

ANEXO C (Aplicación obligatoria)

DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL MOLDE PARA LA CALIBRACIÓN DE LA ARENA

C.1 El volumen del molde se puede determinar por los métodos de medida directa o de llenado con agua, como se describe a continuación:

C.1.1 *Método de medida directa* – Se realizan 3 medidas de diámetro y 3 de altura, uniformemente espaciadas, con aproximación a 0.025 mm (0.001") y se determinan los valores promedio. El promedio de la altura se expresa en m o en cm, con 4 dígitos significativos. A partir del diámetro se calcula la sección transversal, también con 4 dígitos significativos y, en seguida, se calcula el volumen (en m³ o cm³) con el mismo criterio.

C.1.2 *Método de llenado con agua* – Se llena el molde con agua y se pasa una placa de vidrio por su borde superior para verificar el llenado. Una película delgada de grasa o de lubricante de silicona colocada previamente en la circunferencia superior del molde ayuda a formar una junta impermeable entre éste y la placa de vidrio. Mediante pesadas del molde vacío y lleno de agua, se calcula la masa de agua necesaria para llenarlo (en gramos) y, además, se determina la temperatura del agua (aproximada a 1°C). En la Tabla 165C - 1 se presenta el volumen unitario del agua (ml) por gramo, a diferentes temperaturas de medida. El volumen del molde, en cm³, se calcula multiplicando la masa de agua usada para llenar el molde, por el volumen de agua por gramo, tomado de la Tabla 165C - 1. Si se desea determinar el volumen en m³, se multiplica el volumen en cm³ por 10⁻⁶. En ambos casos, el volumen se presentará con 4 dígitos significativos.

Nota C.1: El volumen medido a través de cualquiera de estos métodos no deberá diferir en más 1.5 % respecto del volumen nominal. Se recomienda usar ambos métodos y si la diferencia entre los resultados excede de 0.5 % del valor nominal del molde, se deberá repetir la medida. Si luego de varios intentos no se consigue la coincidencia, ello puede ser indicativo de deformaciones del molde y, por lo tanto, se deberá reemplazar. Si la diferencia de los valores obtenidos se encuentra dentro del límite mencionado, se asignará al molde el volumen medido con agua, el cual se considera más preciso.

Tabla 165C - 1. Volumen de agua por gramo

TEMPERATURA		VOLUMEN DE AGUA POR GRAMO
° C	° F	mL/g
15	59.0	1.00090
16	60.8	1.00106
17	62.6	1.00122
18	64.4	1.00140
19	66.2	1.00129
20	68.0	1.00180
21	69.8	1.00201
22	71.6	1.00223
23	73.4	1.00246
24	75.2	1.00271
25	77.0	1.00296
26	78.8	1.00322
27	80.6	1.00350
28	82.4	1.00378
29	84.2	1.00407
30	86.0	1.00437