

## Densidad *in situ* por el método de la arena

### 1 OBJETO

1.1 El objeto de este ensayo es determinar la densidad *in situ* de un suelo que no contenga partículas de más de 5 cm, midiendo su volumen mediante una arena calibrada. El suelo ha de ser excavable con herramientas manuales y sus poros han de ser suficientemente pequeños para evitar que penetre en ellos la arena utilizada.

### 2 APARATOS Y MATERIAL NECESARIOS

2.1 Un recipiente especial consistente en un doble embudo con válvula, con aproximadamente las dimensiones señaladas en la figura 1, y un bote o frasco acoplable, de unos 4 dm<sup>3</sup> de capacidad. En especial, el diámetro del orificio de la válvula cilíndrica debe ser de 13 mm; y el diámetro del embudo no debe ser inferior al del hoyo que se va a practicar en el terreno.

Para ensayar suelos que contengan partículas de más de 5 cm son precisos aparatos de mayores dimensiones que el de la figura (ver apartado 5.2).

2.2 Balanza de unos 10 kg de capacidad que aprecie 1 g.

2.3 Estufa de desecación, regulable a 105-110 °C.

2.4 Bandeja metálica cuadrada o rectangular, de un grosor suficiente para que sea rígida, y con un agujero en el centro de diámetro igual al del hoyo que se va a practicar en el terreno. Un tamaño conveniente puede ser 40 × 30 cm, 4 cm de altura de borde y 15 cm de diámetro de agujero.

2.5 Herramientas para practicar el hoyo, adecuadas al terreno de que se trate (paleta, cucharón, martillo, cincel, etc.), y clavos para fijar la bandeja al terreno.

2.6 Frasco o recipiente hermético de unos 4 dm<sup>3</sup> de capacidad.

2.7 Tamiz 50 UNE.

2.8 Arena de tamaño uniforme, limpia y seca. Debe pasar toda por el tamiz 2 UNE y quedar retenida en el 0,25 UNE. Para seleccionar un tipo de arena se harán al menos cinco determinaciones de

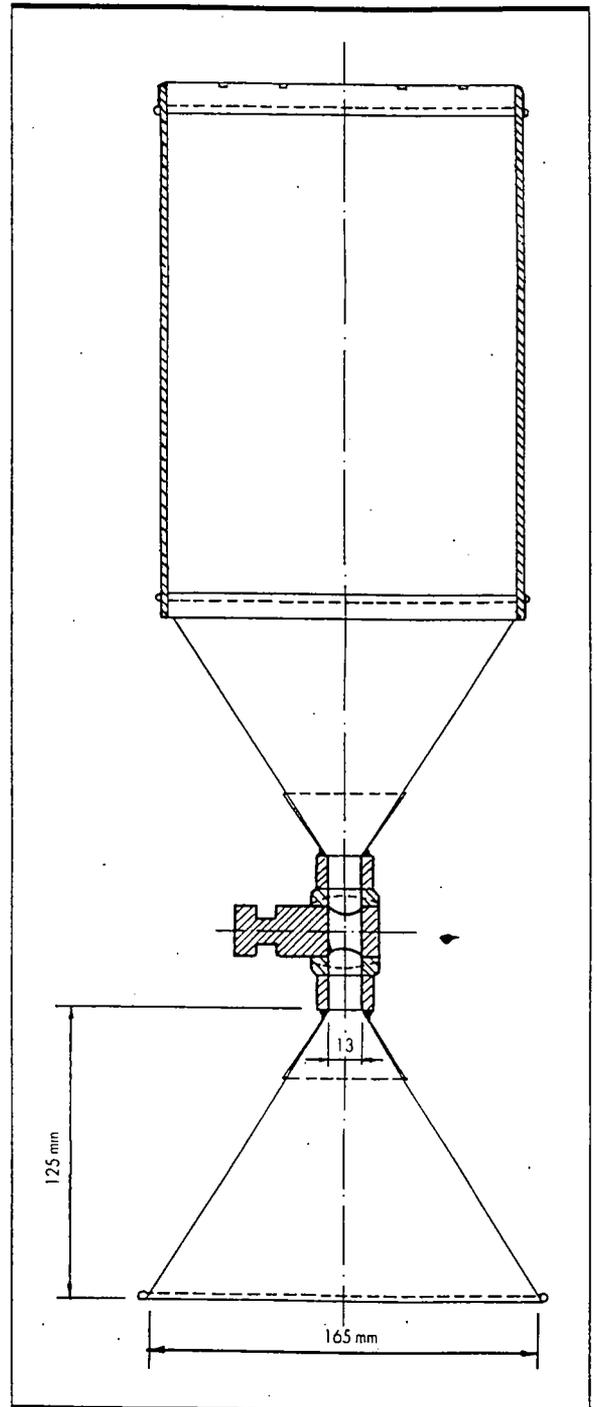


FIGURA 1. Aparato de densidad.

densidad, ninguna de las cuales habrá de diferir en más de un 1 por 100 respecto a la media. Antes de ser usada se secará, y se dejará que su humedad alcance el equilibrio con la humedad atmosférica del lugar donde vaya a ser empleada.

La arena ya utilizada sirve de nuevo, siempre que se compruebe que no se ha ensuciado y que se vuelva a secar.

### 3 PROCEDIMIENTO

#### 3.1 Tarado del recipiente

3.1.1 Se parafinan todas las juntas del cuerpo del recipiente.

3.1.2 Se pesa el recipiente parafinado.

3.1.3 Se llena de agua hasta la parte superior de la válvula.

3.1.4 Se pesa el recipiente lleno de agua y se toma la temperatura del agua.

3.1.5 Se determina, por diferencia de pesos, la masa de agua que llena el recipiente y el volumen de éste, dividiendo la masa por la densidad del agua a la temperatura correspondiente.

3.1.6 Se repite toda la operación de tarado tres veces y se halla la media del volumen; la variación entre cada determinación y la media no excederá el 1 por 100.

Este volumen será constante, siempre que no se separen el bote y el doble embudo. Caso de tener que hacerse, se pueden marcar señales que permitan volverlos a acoplar en la misma posición.

#### 3.2 Determinación de la densidad de la arena.

3.2.1 La densidad de la arena deberá determinarse antes de usar un nuevo lote de una arena previamente aprobada; después de cualquier cambio significativo en la humedad atmosférica; y en cualquier caso, se recomienda que se determine cada jornada de trabajo.

3.2.2 Se pesa el recipiente-embudo bien limpio, seco y vacío.

3.2.3 Se llena con la arena de tamaño uniforme hasta la válvula. Esta operación debe hacerse con cuidado de no mover o golpear el recipiente, ni que sufra vibración alguna. El embudo debe estar, como mínimo, medio lleno de arena durante la operación.

3.2.4 Se quita el exceso de arena y se pesa el recipiente lleno.

3.2.5 Se determina, por diferencia de pesos, la masa de arena que cabe en el recipiente. Se repite el proceso tres veces y se calcula la media. La variación entre cada determinación y la media no deberá ser superior al 1 por 100.

3.2.6 La densidad de la arena se obtiene dividiendo la masa de arena que cabe en el recipiente entre el volumen de éste.

#### 3.3 Determinación de la masa de arena que cabe en el embudo.

3.3.1 Se llena el recipiente-embudo como en el apartado 3.2.3, y se deja salir un volumen de arena parecido al que cabría en el hoyo.

3.3.2 Se pesa el recipiente.

3.3.3 Se coloca el recipiente invertido sobre la bandeja, colocada sobre una superficie plana. Se abre la válvula y se cierra cuando se haya llenado el embudo.

3.3.4 Se retira el recipiente, se pesa y se calcula la arena que cabe en el embudo.

3.3.5 Se repite el proceso al menos tres veces y se halla la media. La diferencia entre la media y cada determinación no debe exceder el 1 por 100. Para cada recipiente, se procederá a hacer esta determinación al menos con la misma frecuencia con que se determina la densidad de la arena.

#### 3.4 Excavación del hoyo.

3.4.1 Se alisa la superficie del terreno donde se va a colocar la bandeja para hacer el ensayo.

3.4.2 Se coloca la bandeja sobre el terreno, asegurando un buen contacto con él, y se fija mediante clavos para evitar movimientos.

3.4.3 En los casos en los que no se pueda alisar bien el terreno, se deberá determinar, mediante un ensayo previo en el mismo sitio donde se va a practicar el hoyo, la cantidad de arena que cabe entre el embudo y la superficie del terreno. Una vez determinado esto, se cepilla cuidadosamente la superficie del terreno para limpiarla de arena.

3.4.4 Se practica en el terreno, a través del orificio central de la bandeja, un hoyo cilíndrico, de aproximadamente 15 cm de diámetro y de 15 a 20 cm de profundidad. Debe efectuarse la excavación del hoyo con cuidado para evitar comprimir el suelo en sus paredes, las cuales serán verticales o ligeramente inclinadas hacia el centro, y tan libres de irregularidades como sea posible. Debe quitarse escrupulosamente todo el material suelto.

DENSIDAD "IN SITU" METODO DE LA ARENA

Cuadro de resultados

MUESTRA Nº	LOCALIZACION	LABORATORIO		OBRA		OBSERVACIONES
		Humed. óptima	Densid. máxima	DENSIDAD g/cm <sup>3</sup>	Humed. %	

Operaciones de tarado

—	Referencia del recipiente				
t + a	Recipiente lleno de agua				
t	Recipiente vacío				
$a = V = (t + a) - t$	Volumen del recipiente				
$(t + a')(1)$	Recipiente + arena				
$a' = (t + a') - t$	Arena				
$\frac{1}{\rho} = \frac{V}{a'}$	Inverso densidad de arena				

(1) Como valor de t + a' se tomara la medida de los pesos obtenidos en las determinaciones efectuadas, siempre que estén hechas con el mismo tipo de arena y en las mismas condiciones

FIGURA 2.

### DENSIDAD

—	Nº DE MUESTRA						
—	REFERENCIA RECIPIENTE						
$m_1$	ARENA + RECIPIENTE ANTES DEL ENSAYO						
$m_2$	ARENA + RECIPIENTE DESPUES DEL ENSAYO						
$a'_1 + a'_2 = m_1 - m_2$	ARENA HOYO + ARENA EMBUDO						
$a'_2$	MASA ARENA EMBUDO						
$a'_1 = (a'_1 + a'_2) - a'_2$	MASA ARENA HOYO						
$\frac{1}{\rho}$	INVERSO DENSIDAD ARENA						
$v = a' \frac{1}{\rho}$	VOLUMEN HOYO						
$d = \frac{S}{V}$	DENSIDAD SECA						

### HUMEDAD

—	REFERENCIA TARA						
$t + s + a$	TARA + SUELO + AGUA						
$t + s$	TARA + SUELO						
$t$	TARA						
$a = (t + s + a) - (t + s)$	AGUA						
$s = (t + s) - t$	SUELO						
$W = \frac{a}{s} \times 100$	% HUMEDAD						

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

FIGURA 3.

**3.4.5** Se retira y guarda en un recipiente hermético todo el material excavado. Si se desea también hallar la humedad *in situ*, se pesa dicho material con su humedad natural, o bien se toma una muestra más pequeña para humedad.

**3.4.6** Se deseca el material extraído en estufa a 105-110 °C hasta peso constante y se anota su masa.

### 3.5 Medición del volumen del hoyo.

**3.5.1** Se llena el recipiente-embudo, bien limpio y seco, con la arena de tamaño uniforme hasta la válvula.

**3.5.2** Se pesa el recipiente lleno de arena.

**3.5.3** Con la válvula cerrada, se coloca el recipiente invertido y centrado sobre el orificio central de la bandeja.

**3.5.4** Se abre la válvula. La arena caerá desde la válvula hasta llenar el hoyo y el embudo. Debe cuidarse en esta operación que el recipiente no sufra ningún golpe ni vibración, pues compactaría la arena arbitrariamente, haciendo variar notablemente los resultados.

**3.5.5** Cuando deja de caer arena, se cierra la válvula.

**3.5.6** Se pesa el recipiente con la arena sobrante.

## 4 RESULTADOS

**4.1** La masa de arena que ocupa el hoyo y el embudo se determina por diferencia de pesos del recipiente antes y después de llenar el hoyo.

**4.2** A la masa determinada en 4.1 se le resta la masa de arena que cabe en el embudo y se obtiene la que cabe en el hoyo.

**4.3** La densidad *in situ* se obtiene dividiendo la masa seca de la tierra extraída por el volumen del hoyo. Este se calcula a partir de la densidad de la arena y de la masa de la que cabe en el hoyo.

## 5 OBSERVACIONES

**5.1 Apartado 2.8.** Sirve para este ensayo la «arena normal del Manzanares para morteros» utilizada

en ensayos de morteros de cemento y que se puede adquirir ya tamizada. Su granulometría está prácticamente comprendida entre los tamices 1,25 UNE y 0,63 UNE.

**5.2 Apartado 3.4.** Si el suelo contuviera piedras demasiado gruesas, es necesario practicar un hoyo de mayores dimensiones. Como orientación se da la siguiente tabla:

TAMAÑO MÁXIMO DE LA PIEDRA (mm)	DIÁMETRO DEL HOYO (cm)	ALTURA DEL HOYO (cm)
5	10	10-15
50	15	15-20
70	20	20-30

TABLA 1.

La altura del hoyo debe ser igual o mayor que su diámetro, con objeto de diluir los posibles errores en el enrase de la arena.

También puede precisarse un orificio de mayores dimensiones cuando se desea hallar la densidad correspondiente a la totalidad de una capa compactada y el espesor de ésta es grande.

En estos casos puede ser necesario un recipiente-embudo de mayores dimensiones que el descrito en el apartado 2.1.

En el informe de los resultados se hará constar, en cada caso, el diámetro y altura del hoyo practicado en el terreno.

**5.3 Apartado 3.4.6.** Cuando los resultados se necesitan con urgencia, se procede en todo según el método general, excepto que para obtener el peso del suelo seco se determina la humedad por el método del alcohol o análogo.

## 6 CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS

ASTM: D-1556.

AASHTO: T-191.

DIN: 18125.

B.S.: 1377.