

NORMA DE ENSAYO
DEL
LABORATORIO DEL TRANSPORTE
Y MECANICA DEL SUELO
"JOSE LUIS ESCARIO"

NLT-107/72

Proctor

1. OBJETO

- 1.1. El ensayo de Proctor tiene por objeto determinar la relación entre la humedad y la densidad seca de un material cuando se compacta, en la superficie terrestre, mediante impactos de una maza de 2,5 kg que se deja caer libremente desde una altura de 305 mm.

2. APARATOS Y MATERIAL NECESARIOS

- 2.1. Un molde metálico de 1.000 ± 9 cm³ de capacidad ($102 \pm 0,4$ mm de diámetro interior \times $122,4 \pm 0,1$ mm de altura), con su base y collar (fig. 1). El molde puede ser partido longitudinalmente, como es el de la figura 1, o de una pieza.
- 2.2. Una maza de $2,5 \pm 0,01$ kg. Debe tener una guía adecuada para que la altura de caída libre sea de 305 ± 2 mm sobre la superficie del material. La maza puede ser manual, en cuyo caso tendrá un diámetro de $50 \pm 0,2$ mm y una superficie de $19,6 \pm 0,2$ cm², y la guía debe tener como mínimo 4 orificios de 1 cm de diámetro espaciados 90° y a 2 cm de cada extremo, para facilitar la salida del aire. La separación entre maza y guía debe ser suficiente para que la caída sea libre. También se puede emplear una maza mecánica que distribuya uniformemente los golpes sobre la superficie del material. La separación entre la maza y la superficie lateral interior del molde debe ser de 3 ± 1 mm. Debe efectuarse un calibrado del aparato de acuerdo con la NLT-114/72, y modificar la masa si es preciso. La superficie de golpeo de la maza mecánica puede ser circular, en cuyo caso tendrá las dimensiones específicas para la manual, o puede tener forma de sector, en cuyo caso el radio será de $48 \pm 0,5$ mm y la superficie de $19,6 \pm 0,2$ cm.
- 2.3. Una balanza de unos 20 kg de capacidad, que aprecie 1 g, y otra de unos 1000 g de capacidad, que aprecie 0,1 g.
- 2.4. Recipientes adecuados según se indica en el apartado 2.3 de la norma 102/72.
- 2.5. Una estufa de desecación regulable a 105-110 °C.
- 2.6. Una amasadora mecánica adecuada, o instrumentos diversos para amasar manualmente (recipiente, guantes de goma, etc.).
- 2.7. Un tamiz 20 UNE (A.S.T.M. 3/4 pulgada) y, eventualmente, tamices 40 UNE (A.S.T.M. 1 1/2 pulgadas) y 50 UNE (A.S.T.M. 2 pulgadas).

- 2.8. Un enrasador metálico de borde recto, afilado y resistente (una regla metálica con bisel, un cuchillo o una espátula alargados, o una paleta de solador pueden servir para esta función).
- 2.9. Un cuarteador.
- 2.10. Un mazo de goma y una paleta.
- 2.11. Una probeta para medir el agua que hay que añadir al suelo en cada determinación.
- 2.12. Un extractor de muestras si se emplea el molde cerrado.

3. PREPARACION DE LA MUESTRA

- 3.1. Se opera como se indica en la NLT-101/72 y particularmente en su apartado 3.4.4.
- 3.2. Se divide por cuarteo el material así obtenido en seis porciones aproximadamente iguales.

4. PROCEDIMIENTO

- 4.1. Se tara y anota el peso del molde, con la base y sin el collar superior.
- 4.2. Se toma una de las porciones obtenidas en 3.2 y se mezcla con agua hasta que quede íntima y uniformemente distribuida.
- 4.3. Se llena el molde, con el collar colocado, en tres capas aproximadamente iguales. Se compacta cada una de estas capas por medio de 26 golpes de la maza distribuidos uniformemente.
La última capa compactada entrará un poco en el collar de enrase (del orden de 1 cm). Durante la compactación debe colocarse el molde sobre una base suficientemente rígida para que no amortigüe los golpes.
- 4.4. Terminada la compactación, se quita el collar y se enrasa perfectamente el molde.
- 4.5. Se pesa el conjunto del molde y material compactado.
- 4.6. Se extrae el material del molde, se parte verticalmente a través del centro y se toma una muestra representativa (no inferior a 100 g) para la humedad.
- 4.7. Se repite la operación con nuevas porciones de material de las obtenidas en 3.2 hasta obtener los puntos necesarios para determinar la curva que relaciona la densidad seca con la humedad.

5. RESULTADOS

- 5.1. Siguiendo las explicaciones del impreso que se adjunta, se calculan la densidad seca y la humedad correspondientes a cada punto.
Se dibuja la curva que relaciona la densidad seca con la humedad. El máximo de esta curva dará la "densidad máxima Proctor", y la humedad correspondiente será la "humedad óptima".

6. OBSERVACIONES

- 6.1. Apartado 3.1. Si el material contiene partículas comprendidas entre el tamiz 20 UNE y el tamiz 40 UNE, se puede emplear el molde de 2320 cm³ del ensayo de Proctor modificado (NLT-108/72) y de este modo utilizar todo el material en el ensayo, con tal de mantener aproximadamente la energía por unidad de volumen, que en un lugar de aceleración normalizada (9,80665 m/s²) sería:

$$E = \frac{2,5 \times 9,80665 \times 0,305 \times 26 \times 3}{1000} = 0,583 \text{ J/cm}^3$$

Esto se puede conseguir llenando el molde en tres tongadas y aplicando a cada una 60 golpes de la maza de 2,5 kg con una altura de caída de 305 mm.

Si sólo un 20 por 100 del suelo queda retenido en el tamiz 40 UNE y todo él pasa por el tamiz 50 UNE, es preferible seguir usando todo el material en el molde de 2320 cm³ que utilizar sólo el inferior al tamiz 40 UNE y usar correcciones para extender los resultados del material fino al original.

Estos extremos deben hacerse constar en el informe.

- 6.2. Si el tamaño máximo del material que se va a emplear en obra es superior al que permite el molde de laboratorio, hay que tamizar por el tamiz máximo permitido y realizar el ensayo de Proctor con la fracción fina. Queda el problema de pasar de la humedad y densidad del material fino al del material original.

Si la proporción de gruesos no es muy elevada (menos del 30 por 100) se supone a veces que los finos, con la misma humedad y densidad obtenida en el ensayo de laboratorio, ocuparán los huecos dejados por los gruesos. En tal caso, para pasar de la humedad óptima y densidad máxima Proctor de los finos w_{of} y ρ_{Pf} a las del total w_o y ρ_P , emplearemos las fórmulas:

$$w_o = \frac{100 - p}{100} w_{of}$$

$$\rho_P = \frac{100}{\frac{p}{\rho_s} + \frac{100 - p}{\rho_{Pf}}}$$

siendo p el porcentaje en peso de material seco retenido en el tamiz correspondiente al tamaño máximo admitido en el molde y ρ_s la densidad de las partículas gruesas.

Este procedimiento debe considerarse como una estimación aproximada.

En cualquier caso, cuando la proporción de gruesos es apreciable, se recomienda recurrir a ensayos de compactación *in situ*.

- 6.3. Apartado 3.2. Se admite el volver a emplear el material ya compactado para obtener nuevos puntos, excepto cuando las partículas son frágiles o cuando se trata de arcilla muy plástica. Este extremo debe ser recogido en el informe.
- 6.4. Apartado 4.2. Algunos suelos arcillosos presentan gran dificultad para mezclarse íntimamente con el agua de modo inmediato. En estos casos puede ser conveniente añadir agua hasta obtener una humedad menor que la definitiva, hacer entonces un primer amasado, dejar la masa en reposo durante uno o dos días en la cámara húmeda y, después de este período, añadirle el resto del agua y amasar hasta que ésta quede íntima y uniformemente distribuida.

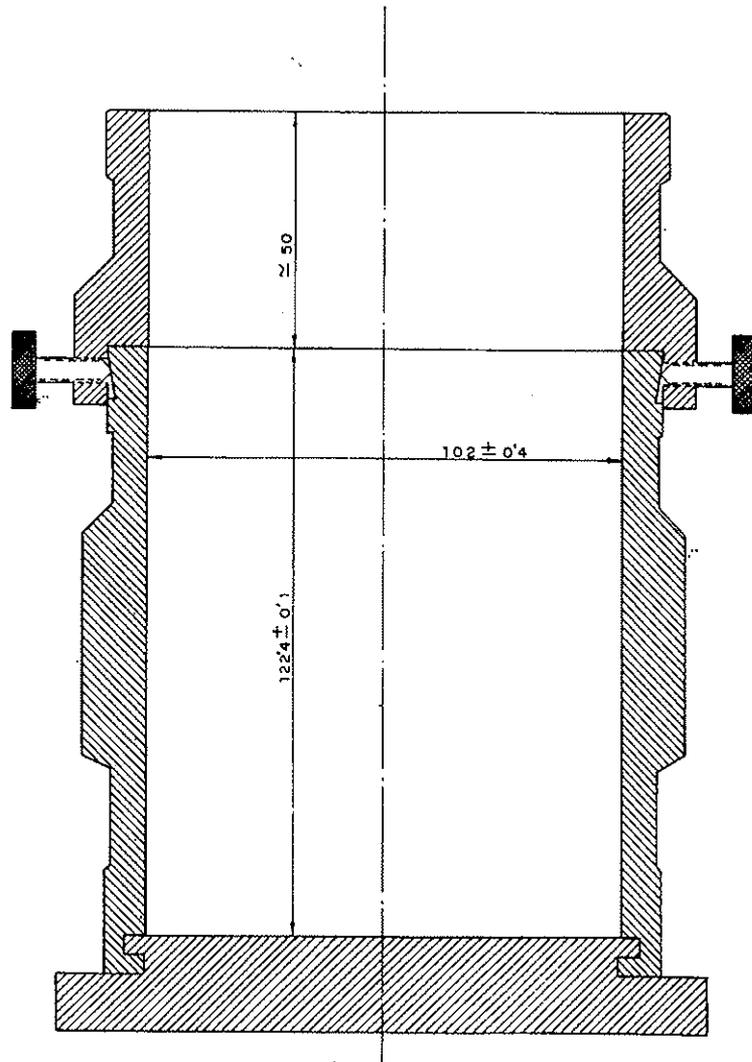


Fig. 1.— Molde de Proctor.

COTAS EN mm

TRABAJO N.º DENOMINACION MUESTRA N.º

ENSAYO PROCTOR { NORMAL
MODIFICADO

Molde: N.º de capas; Material utilizado:

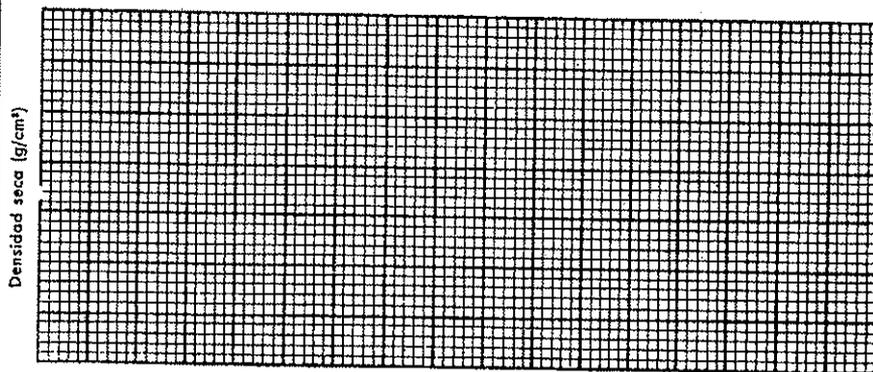
Maza: N.º de golpes por capa: % de material no utilizado:

Altura de caída: Peso específico del material grueso:

Densidad	—	Punto n.º						
	—	% agua añadida						
	$t + s + a$	Molde + suelo + agua						
	t	Molde						
	$s + a = (t + s + a) - t$	Suelo + agua						
	$s = \frac{(s + a) 100}{100 + w}$	Suelo						
	$\rho = \frac{s}{V}$	Densidad						
Humedad	—	Referencia tara						
	$t + s + a$	Tara + suelo + agua						
	$t + s$	Tara + suelo						
	t	Tara						
	$s = (t + s) - t$	Suelo						
	$a = (t + s + a) - (t + s)$	Agua						
		$w = \frac{a}{s} \times 100$	Humedad %					

DENSIDAD MAXIMA

HUMEDAD OPTIMA



Densidad seca (g/cm³)

Humedad %

Descripción del suelo y observaciones

.....

.....