

NORMA ESPAÑOLA	Geotecnia ENSAYO DE COMPACTACIÓN Proctor modificado	UNE 103-501-94
<p>1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN</p> <p>Esta norma tiene por objeto especificar el método para determinar, en un suelo, la relación entre la densidad seca y la humedad, para una energía de compactación de 2,632 J/cm³, y definir la densidad seca máxima y su humedad correspondiente, denominada óptima, que se pueden conseguir en ese suelo en el laboratorio.</p> <p>2 NORMAS PARA CONSULTA</p> <p>UNE 7-050 /2 – <i>Tamices de ensayo. Telas metálicas, chapas perforadas y láminas electroformadas. Medidas nominales de las aberturas.</i></p> <p>UNE 103-300 – <i>Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa.</i></p> <p>UNE 103-500 – <i>Ensayo de compactación. Proctor normal.</i></p> <p>UNE 103-502 – <i>Método de ensayo para determinar en laboratorio el índice C.B.R.¹⁾</i></p> <p>3 FUNDAMENTO DEL MÉTODO</p> <p>El método está basado en la determinación de las densidades secas de varias probetas, compactadas en idénticas condiciones pero con contenidos de humedad diferentes. Para cada contenido de humedad se alcanza una determinada densidad, de manera que estos pares de valores, representados en coordenadas cartesianas, definen la relación buscada.</p> <p>4 DEFINICIONES</p> <p>Se define "humedad óptima" del suelo aquella con la que se consigue la máxima densidad seca, para la energía de compactación indicada en el capítulo 1.</p> <p>Se define como "densidad seca máxima Proctor Modificado" del suelo la que se obtiene para la "humedad óptima", con la energía de compactación especificada anteriormente.</p> <p>¹⁾ Norma en elaboración.</p> <p style="text-align: right;"><i>Continúa en páginas 2 a 6</i></p>		
Secretaría del CTN MOPTMA	<p>Esta Norma anula y sustituye a la Norma UNE 7-365 de fecha diciembre de 1979</p> <p>Las observaciones relativas a la presente norma deben ser dirigidas a AENOR - Fernández de la Hoz, 52 - 28010 Madrid</p>	

UNE 103-501-94

Geotechnics. Compactation test. Modified proctor.
Geotechnique. Experience de la compacité. Proctor modifié.

© AENOR 1994

Depósito legal: M 5 295-94

Grupo 3

5 APARATOS Y MATERIAL NECESARIO

- Un molde cilíndrico de metal de $152,5 \text{ mm} \pm 0,7 \text{ mm}$ de diámetro interior y $127 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ de altura, lo que equivale aproximadamente a un volumen de $2\,320 \text{ cm}^3$. Debe disponer de un collar del mismo diámetro y altura aproximada de 60 mm, para colocarlo en la parte superior del molde durante las operaciones de apisonado. El molde y el collar deben estar contruidos de forma que puedan sujetarse firmemente a la base plana metálica desmontable (véase figura 1).²⁾
- Una maza metálica de $4,535 \text{ kg} \pm 0,01 \text{ kg}$, adaptada al interior de una guía tubular, adecuada para que la altura de caída libre sea de $457 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$. La maza puede ser manual, en cuyo caso debe tener un diámetro de $50 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$ y la guía disponer, como mínimo de 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 utilizar una maza automática que distribuya los golpes uniformemente sobre la superficie del material. En este caso, la superficie de contacto de la maza con el suelo podrá ser circular o tener forma de sector, pero conservando en todo caso, la masa, altura de caída y la superficie de $19,6 \text{ cm}^2 \pm 0,2 \text{ cm}^2$.³⁾
- Una balanza de 20 kg de capacidad y precisión de 1 g y otra de 1 000 g de capacidad y precisión de 0,1 g.
- Recipientes adecuados para la determinación de la humedad.
- Una estufa de desecación con temperatura regulable hasta 115°C .
- Una amasadora mecánica adecuada, o instrumentos diversos para amasar manualmente (recipientes, guantes de goma, etc.).
- Tamices 50,0 mm, 20,0 mm y 5,00 mm Norma UNE 7-050 /2.
- Un enrasador metálico de borde recto, afilado y resistente, cuya longitud sea superior al diámetro del molde.
- Cuarteadores adecuados a los diámetros de las partículas del suelo a ensayar.
- Un mazo de goma y una paleta.
- Una probeta graduada.
- Un extractor de muestras para extraer el material compactado del molde.

6 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

- Si el suelo recibido está excesivamente húmedo, se extiende y se deja secar al aire o bien se procede a su secado en estufa o por aire caliente u otro procedimiento, tomando la precaución de que la temperatura del suelo no exceda de 60°C . Una vez conseguido esto, se procede a desmenuzarlo, deshaciendo los terrones por medio del mazo de goma.
- Del suelo seco y desmenuzado, se separa mediante los cuarteadores adecuados la cantidad necesaria para disponer una muestra de unos 35 kg de material que pase por el tamiz 20,0 mm Norma UNE 7-050 /2. Se determina en balanza la masa de la muestra tomada y la del material retenido en dicho tamiz y se calcula el tanto por ciento que representa éste, respecto a la muestra.⁴⁾
- El material que pasa por dicho tamiz se cuarteo en porciones homogéneas, aproximadamente iguales, de unos 5 kg.

2) También se puede utilizar un molde como el descrito en la Norma UNE 103-502, de mayor altura, provisto de un disco espaciador en el fondo, para respetar las dimensiones interiores indicadas.

3) La utilización de una maza diferente a la manual normalizada debe hacerse constar en el informe.

4) Si el material retenido en el tamiz 20,0 mm Norma UNE 7-050 /2 es superior al 30% de la masa total o contiene partículas de tamaño superior a 50 mm, este ensayo no es adecuado para el suelo en cuestión.

- Si interesa mantener la misma proporción de gruesos que en la muestra original, como puede suceder si se va a realizar el ensayo C.B.R. con sustitución de material, se puede reemplazar el material retenido en el tamiz 20,0 mm Norma UNE 7-050 /2 por una cantidad igual de material comprendido entre los tamices 5,00 mm y 20,0 mm Norma UNE 7-050 /2, la cual se obtiene tamizando otra porción del suelo recibido, siempre y cuando se respeten los límites especificados en la nota 4.

7 PROCEDIMIENTO OPERATORIO

- Se determina el volumen V del molde en cm³. Esta operación se debe comprobar periódicamente.
- Se determina la masa del molde con su base y sin el collar superior.
- Se toma una de las porciones de suelo y se mezcla con una determinada cantidad de agua hasta que quede íntima y uniformemente distribuida.⁵⁾ Esta operación puede realizarse con amasadora mecánica o a mano, utilizando los guantes de goma.
- Se llena el molde con el collar colocado, mediante la porción de suelo mezclada con agua, repartida en cinco capas aproximadamente iguales, de forma que cada capa, después de compactada, quede con una altura ligeramente superior a un quinto de la altura del molde. La compactación de cada una de estas capas se realiza por medio de 60 golpes de la maza, distribuidos uniformemente.⁶⁾ La última capa compactada debe entrar aproximadamente 1 cm en el collar superior.⁷⁾
- Terminada la compactación se retira el collar y se enrasa cuidadosamente el suelo con el borde del molde.
- Se determina la masa del conjunto formado por el molde y el suelo compactado.
- Se extrae el suelo del molde mediante el extractor; se parte verticalmente por el centro y se toma una cantidad representativa, de masa no inferior a 100 g, para determinar la humedad según la Norma UNE 103-300.
- Se repite la operación con nuevas porciones de suelo, pero añadiendo cantidades de agua distintas en cada proceso de amasado⁸⁾, hasta obtener los puntos necesarios para determinar la curva que relaciona la densidad seca con la humedad.⁹⁾

5) Algunos suelos arcillosos presentan gran dificultad para mezclarse íntimamente con el agua de forma rápida. En estos casos puede ser conveniente añadir agua hasta obtener una humedad menor que la definitiva, hacer entonces un primer amasado y dejar la mezcla en reposo durante uno o dos días convenientemente protegida en la cámara húmeda. Transcurrido este periodo, añadirle el resto del agua y amasar hasta que ésta quede íntima y uniformemente distribuida.

6) Para la compactación debe colocarse el molde sobre una base suficientemente rígida, para que no amortigüe los golpes.

7) También se puede utilizar el molde descrito en la Norma UNE 103-500. Ensayo de compactación. Proctor normal (102 mm de diámetro). En tal caso, para mantener la energía por unidad de volumen especificada, se compacta el suelo en cinco capas, aplicando a cada una de ellas 26 golpes con la maza de 4,535 kg y una altura de caída de 457 mm.

8) Es posible la reutilización del material, es decir, emplear el mismo suelo para obtener varios puntos de la curva de compactación, excepto cuando las partículas sean frágiles o si se trata de arcilla muy plástica. Esta circunstancia debe hacerse constar en el informe.

9) Generalmente, tres puntos en la rama ascendente y otros dos en la descendente son suficientes para definir la curva. No obstante, se preparará muestra para algún punto más por si fuera necesario. Suele ser recomendable comenzar por la determinación correspondiente a la humedad menor y continuar aumentando ésta con intervalos comprendidos entre el 1% y el 3% de humedad, según se trate de suelos arenosos o arcillosos.

8 OBTENCIÓN Y EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

Siguiendo la secuencia de operaciones señaladas en el impreso que se adjunta (véase anexo A), se calcula la densidad seca y la humedad correspondiente a cada determinación efectuada.

En un gráfico que tenga por abscisas los tantos por ciento de humedad y por ordenadas las densidades secas, se sitúan los puntos definidos por los valores calculados. Con estos puntos se dibuja una curva suave. Las coordenadas del máximo de esta curva definen la "densidad máxima" y la "humedad óptima" del ensayo.¹⁰⁾

9 CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS

Esta norma se relaciona con:

NLT-108/76. Apisonado Proctor modificado.

ASTM D 1557 78. Moisture-density relations of soils and soil-aggregate mixtures using 10 lb (4,54 kg) rammer and 18-in (457 mm) drop.

BS 1377:1975. 4.2 Determination of the dry density-moisture content relationship (4,5 kg rammer method).

¹⁰⁾ Cuando se desee comparar los resultados de este ensayo con los de otros que incluyan el material grueso, es decir, el retenido por el tamiz 20,0 mm Norma UNE 7-050 /2, como puede suceder en el ensayo de densidad "in situ", se puede efectuar la corrección oportuna para tener en cuenta el efecto de dicho material grueso.

ANEXO A (Informativo)

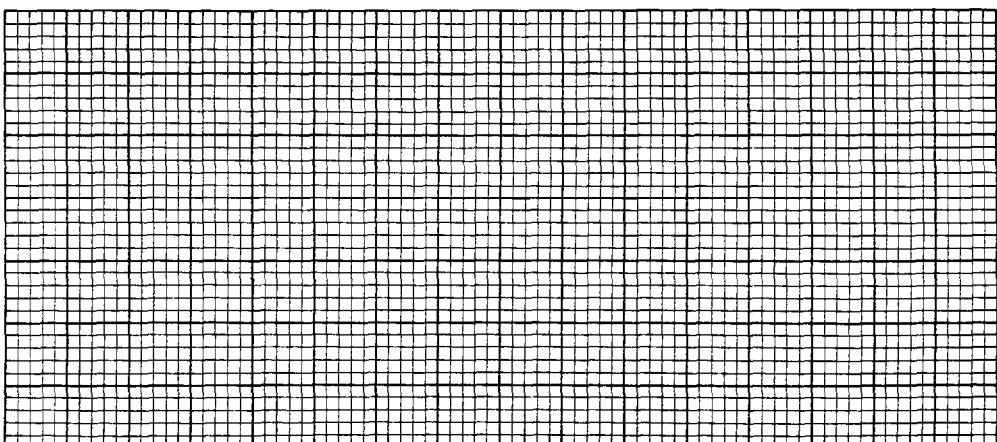
MODELO DE IMPRESO PARA EXPRESIÓN DE RESULTADOS

TRABAJO N.º	DENOMINACION	MUESTRA N.º
ENSAYO PROCTOR		
Molde:	N.º de capas:	Material utilizado:
Maza:	N.º de golpes por capa:	% de materia no utilizado:
Altura de caída:		

	Punto n.º						
Densidad seca	—	% 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					
	$\rho_d = \frac{s}{V}$	Densidad seca					
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

Medidas en milímetros

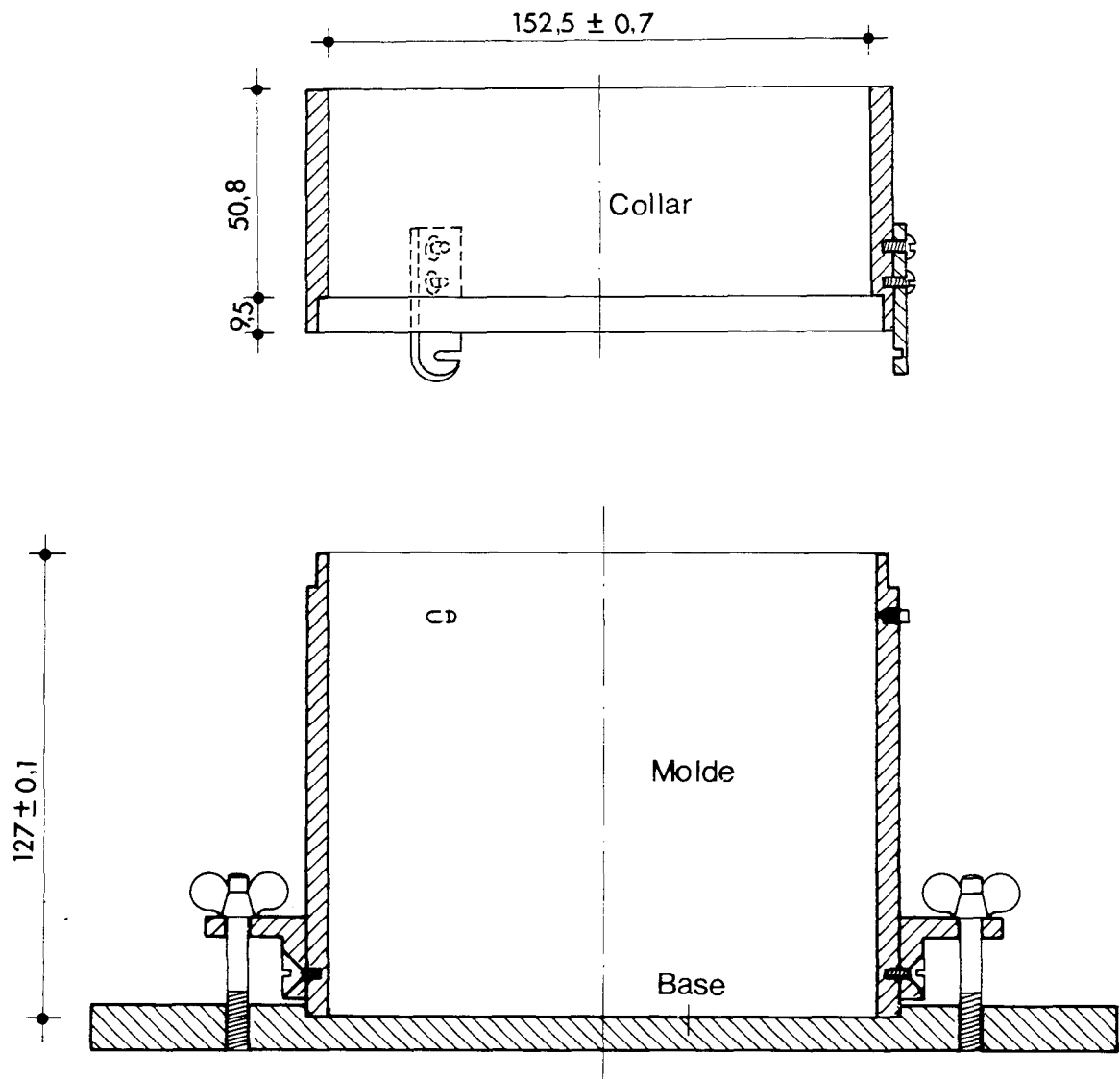


Fig. 1 – Molde Proctor modificado