

## **Ensayo de rotura a compresión simple en probetas de suelo**

### **1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACION**

**1.1** La presente norma tiene por objeto describir la forma de realizar el ensayo de rotura a compresión simple en probetas de suelos que tengan cohesión (Nota 1).

**Nota 1.** El término probeta se aplica a una muestra de suelo ya tallada, bien procedente de un tomamuestras, de un bloque de suelo parafinado o de un remoldeo en laboratorio.

### **2 NORMAS PARA CONSULTA**

UNE 7 281. Verificación de la escala de cargas de las máquinas de ensayo de tracción.

### **3 APARATOS Y MATERIAL NECESARIO**

**3.1** Una prensa para rotura de probetas de suelo de capacidad suficiente para llegar a rotura, con velocidad controlada manual o mecánicamente, que tenga una precisión y fidelidad de tipo 1,0, según la norma UNE 7 281. Debe disponer de un medidor de deformaciones, cuyo valor, leído en décimas de milímetro, tenga una incertidumbre menor de 0,05 mm.

**3.2** Un extractor de muestras motorizado con los correspondientes cabezales de pistón y mordazas o topes de fijación, para muestras de suelo que se reciban en tubos de pared delgada. Debe permitir la extracción a velocidad constante para muestras de diámetros comprendidos entre 33 mm y 150 mm. La velocidad de extracción será fijada y controlada mediante equipo hidráulico o mecánico y debe oscilar en función del diámetro de la muestra entre 120 y 1.200 mm/min.

**3.3** Talladores de diferentes diámetros para muestras inalteradas con accesorios como sierras de alambre, cuchillos, etc.

**3.4** Moldes y mazas para preparar probetas de suelo mediante remoldeo.

**3.5** Un cronómetro, si el control de velocidad de la prensa es manual.

**3.6** Un calibre de precisión 0,1 mm.

**3.7** Dos balanzas de 100 g y 3.000 g de capaci-

dad, con precisiones de 0,01 g y 0,1 g respectivamente.

**3.8** Una estufa de desecación cuya temperatura sea regulable hasta 115 °C.

**3.9** Pesasustancias con tapa para determinar la humedad.

**3.10** Una cámara húmeda que mantenga una humedad relativa del  $95 \pm 5 \%$ , y una temperatura de  $20 \pm 3 \text{ °C}$ , disponiendo en su interior de una mesa de trabajo de material adecuado para el tallaje de probetas de suelo.

### **4 PREPARACION DE LA PROBETA DE SUELO PARA EL ENSAYO**

**4.1** De una muestra de suelo, alojada en tubo tomamuestras, en forma de bloque parafinado o preparada por remoldeo en laboratorio, se obtiene una probeta siguiendo el proceso que a continuación se detalla:

**4.1.1** En el caso en que dicha muestra venga en tubo de pared delgada, se utiliza el aparato extractor para desalojarla del mismo. El sentido de extracción debe ser igual que el de entrada de la muestra en el tubo durante la toma en campo. En el caso de muestras muy adheridas al tubo o si se trata de tubos de plástico, es buena práctica serrar el tubo longitudinalmente o cortarlo en trozos más pequeños para evitar los rozamientos con las paredes y la aplicación de grandes esfuerzos para vencerlos.

**4.1.2** Si la muestra de suelo viene en forma de bloque parafinado, se debe retirar la parafina antes de proceder al tallado de la probeta.

**4.1.3** Si se trata de muestra remoldeada en laboratorio, que se ha compactado en molde con las condiciones de humedad y densidad deseadas, se desmolda una vez finalizado el proceso.

**4.2** Una vez obtenida la muestra por cualquiera de los procedimientos antes descritos, se realiza el tallado de la misma en cámara húmeda, con los instrumentos apropiados para obtener una probeta cilíndrica o prismática de sección circular o rectangu-

PROBETA N°			1	2	3	4
DIMENSIONES	Diámetro: d (cm)					
	Lado: m (cm)					
	Lado: n (cm)					
	Altura: h (cm)					
Área: $A = m \times n$ ó $0.875 D^2$ (cm <sup>2</sup> )						
Volumen: $V = A \cdot h$ (cm <sup>3</sup> )						
HUMEDAD ZONA ROTURA	—	Referencia tara				
	t	Peso tara				
	$t + s_1 + a_1$	tara + suelo + agua				
	$t + s_1$	tara + suelo				
	$(t + s_1) - t$	suelo				
	$(t + s_1 + a_1) - (t + s_1)$	agua				
	$W_1 = \frac{a_1}{s_1} \times 100$	% HUMEDAD				
PROBETA	P	Suelo húmedo total				
	T+S	Tara + Suelo seco parcial				
	T	Tara				
	S	Suelo seco parcial				
	$S_2 = S + S_1$	Suelo seco total				
	$a_2 = P - S_2$	Agua				
	$W_2 = \frac{a_2}{s_2} \times 100$	% HUMEDAD				
Densidad seca $\rho = \frac{S_2}{V}$ g/cm <sup>3</sup>						
Carga de rotura en kp(1) C <sub>1</sub>						
Carga de rotura corregida en kp, C <sub>2</sub>						
Resistencia $q_u = \frac{C_2}{A}$ kp cm <sup>2</sup> (2)						

Forma de rotura de las probetas

Descripción del suelo y observaciones

---



---

Hoja de calculo

(1) 1 kp = 9.807 N

(2) 1 kp/cm<sup>2</sup> = 98.07 kPa

lar y cuyo diámetro o lado menor sea mayor de 35 mm. En los suelos que presenten discontinuidades se recomienda que la sección sea mayor.

**4.3** La relación entre la altura y el diámetro o lado menor de la sección de la probeta debe ser igual o mayor que 2. En el caso de probetas prismáticas, la relación entre el lado menor y el mayor de la sección de la probeta no debe ser inferior al 0,9. Si no se cumplen estas relaciones se debe indicar esta circunstancia en la hora de resultados.

**4.4** Si una vez terminado el ensayo se encuentran partículas de suelo mayores de 1/5 del diámetro o lado menor de la sección de la probeta, se debe hacer constar en la hoja de resultados.

**4.5** Cuando en los extremos de la probeta queden irregularidades debidas a la existencia de materiales gruesos, al desmoronamiento de los bordes, etc., es conveniente repararlos con el mismo material, haciendo constar este hecho en la hoja de resultados.

**4.6** En la determinación de la susceptibilidad de una arcilla se debe evitar la pérdida de humedad que se produce durante el remoldeo, por lo que se recomienda realizar este proceso en cámara húmeda (Nota 2).

**Nota 2.** Se define la susceptibilidad de una arcilla como el cociente entre las resistencias a compresión simple de la muestra inalterada y remodelada.

## 5 METODO OPERATORIO

Para la realización del ensayo se procede como sigue:

**5.1** Se mide la altura de la probeta, así como el diámetro o lados de la sección de la misma, con el calibre, y se determina su masa  $P$  con la balanza adecuada.

**5.2** Se coloca la probeta centrada entre los cabezales de la prensa, accionando a continuación el dispositivo de avance, lo estrictamente necesario para que entren en contacto el extremo superior de la probeta y el cabezal. Una vez conseguido este acoplamiento, se inicia el proceso de carga de la probeta de forma que o bien la velocidad de deformación unitaria de ésta, esté comprendida entre un 1 y un 2 por 100 por minuto de la altura de la probeta o que su rotura se produzca entre uno y diez minutos.

**5.3** Si la prensa es de accionamiento manual se debe controlar la velocidad de deformación, tomando los tiempos en segundos y las deformaciones en

milímetros, incrementando o reduciendo dicha velocidad según los resultados obtenidos. También puede elaborarse una tabla en la que se relacionen, para la altura de la probeta y la velocidad de deformación unitaria elegida, los tiempos con las lecturas del cuadrante de deformaciones. Se lleva a cabo el control de velocidad de manera que en cada tiempo el cuadrante de deformaciones se aproxime a la lectura indicada en la tabla. En tal caso sólo hay que anotar tiempos y lecturas de cargas.

**5.4** Se toman medidas de las deformaciones y las cargas cada treinta segundos hasta que éstas comiencen a disminuir o bien hasta que la deformación axial sea del 15 por ciento, tomándose lo que antes suceda.

**5.5** Una vez finalizado el ensayo se realiza un esquema de la forma de rotura. En el caso en que exista un plano de rotura se debe medir el ángulo de inclinación de dicho plano.

**5.6** Se toma una pequeña porción de la parte de la probeta en la que se ha producido la rotura y se determina su humedad. También se determina la humedad de toda la probeta.

## 6 OBTENCION Y EXPRESION DE LOS RESULTADOS

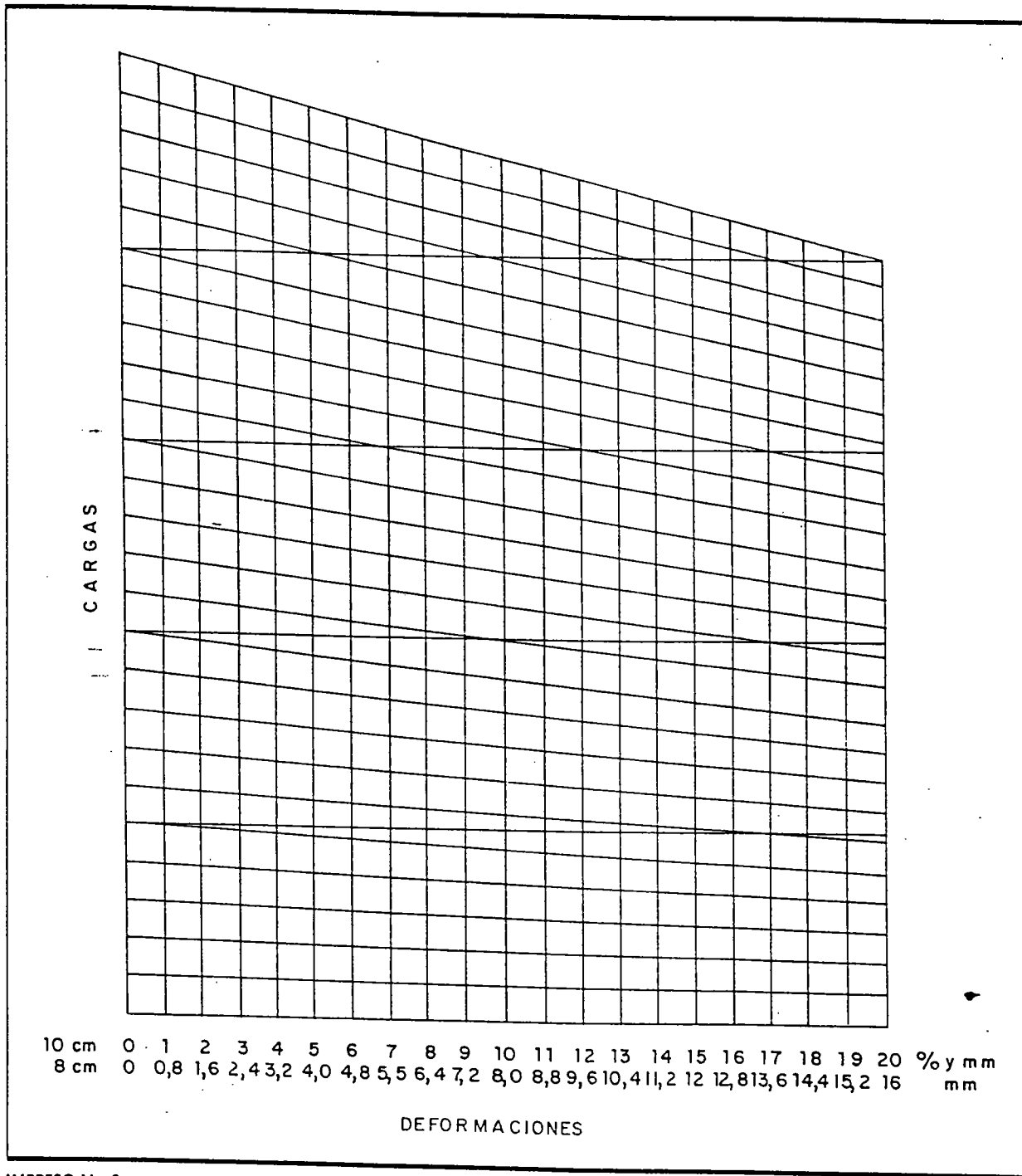
Para la obtención de los resultados se puede proceder de las dos formas siguientes:

**6.1** Utilizando el gráfico de rectas inclinadas, tensión-deformación del impreso n.º 2, que introduce la variación de sección de la probeta producida durante el ensayo y se basa en la hipótesis de que su volumen se mantiene constante.

**6.1.1** Se calculan las tensiones, dividiendo las cargas  $C$ , por el área de la sección inicial de la probeta,  $A$ .

**6.1.2** En el gráfico de dicho impreso se representan los valores correspondientes a las deformaciones en abscisas y a las tensiones en ordenadas, definiéndose así la curva tensión corregida-deformación.

**6.1.3** Una vez representada la curva, si tiene un máximo relativo, se traza la tangente horizontal por su punto más alto hasta que corte al eje de ordenadas. Si no presenta un máximo relativo se traza una línea horizontal por el punto de la curva correspondiente al 15 por ciento de la deformación. La lectura correspondiente es la tensión de rotura corregida, denominada resistencia a compresión simple.



IMPRESO N.º 2.

6.2 Sin utilizar el gráfico de rectas inclinadas (tensión-deformación).

Otro procedimiento de cálculo de la resistencia a compresión simple es el método analítico. Para ello se procede de la siguiente forma:

6.2.1 Se anotan las lecturas del cuadrante de cargas o las cargas axiales directamente, y las del cua-

drante de deformaciones, cada treinta segundos, en las columnas 2, 3 y 4 del impreso n.º 3.

6.2.2 Se calcula el área de la sección corregida de la probeta para cada deformación en la columna 7, siguiendo las indicaciones del impreso n.º 3.

6.2.3 Se dividen las cargas axiales entre los co-

Velocidad de deformación unitaria (0,5 y 2% por minuto) de la altura de la probeta \_\_\_\_\_ mm/min

Constante de anillo dinamométrico \_\_\_\_\_ Tipo de suelo \_\_\_\_\_

Diametro D: \_\_\_\_\_ cm Peso húmedo \_\_\_\_\_ g

Lado M: \_\_\_\_\_ cm Peso seco \_\_\_\_\_ g

Lado N: \_\_\_\_\_ cm Densidad seca \_\_\_\_\_ g/cm<sup>3</sup>

Seccion A: M x N ó 0,785 D<sup>2</sup> \_\_\_\_\_ cm<sup>2</sup> Densidad húmeda \_\_\_\_\_ g/cm<sup>3</sup>

Altura H: \_\_\_\_\_ cm Humedad W \_\_\_\_\_ %

Volumen V = A · H: \_\_\_\_\_ cm<sup>3</sup>

1 TIEMPOS lecturas		2 CUADRANTE CARGAS lecturas	3 CARGA AXIAL K <sub>p</sub> (1)	4 CUADRANTE DEFORMACION m m lecturas	5 = 4 / 10 H DEFORMACION UNITARIA E	6 1-E	7 = A / 1-E SECCION CORREGIDA cm <sup>2</sup>	8 = 3 / 7 TENSION K <sub>p</sub> / cm <sup>2</sup> (2)
MIN.	SEG.							
	30			05				
1				1				
1	30			2				
2				3				
2	30			4				
3				6				
3	30			8				
4				10				
4	30			12				
5				14				
5	30			16				
6				18				
6	30			20				
7				22				
7	30			24				
8				26				

CONSISTENCIA Según NTE-CEG \_\_\_\_\_ FORMA DE ROTURA

Carga de rotura q<sub>u</sub> \_\_\_\_\_ Kp / cm<sup>2</sup> \_\_\_\_\_ KPa

Deformación en rotura \_\_\_\_\_ % . mm

OBSERVACIONES

(1) 1 K<sub>p</sub> = 9,807 N

(2) 1 Kp / cm<sup>2</sup> = 98,07 KPa



SITUACION

SUSCEPTIBILIDAD

ENSAYO CON MUESTRA		INTACTA	REMOLDEADA
DIAMETRO	D cm		
LADO	M cm		
LADO	N cm		
ALTURA	H cm		
HUMEDAD	W %		
RESISTENCIA A ROTURA	qu KPa		
DEFORMACION EN ROTURA	E %		

DENSIDAD HUMEDA  $\gamma =$  g/cm<sup>3</sup>

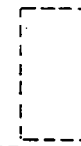
DENSIDAD SECA  $\gamma_d =$  g/cm<sup>3</sup>

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

FORMA DE ROTURA



INTACTA

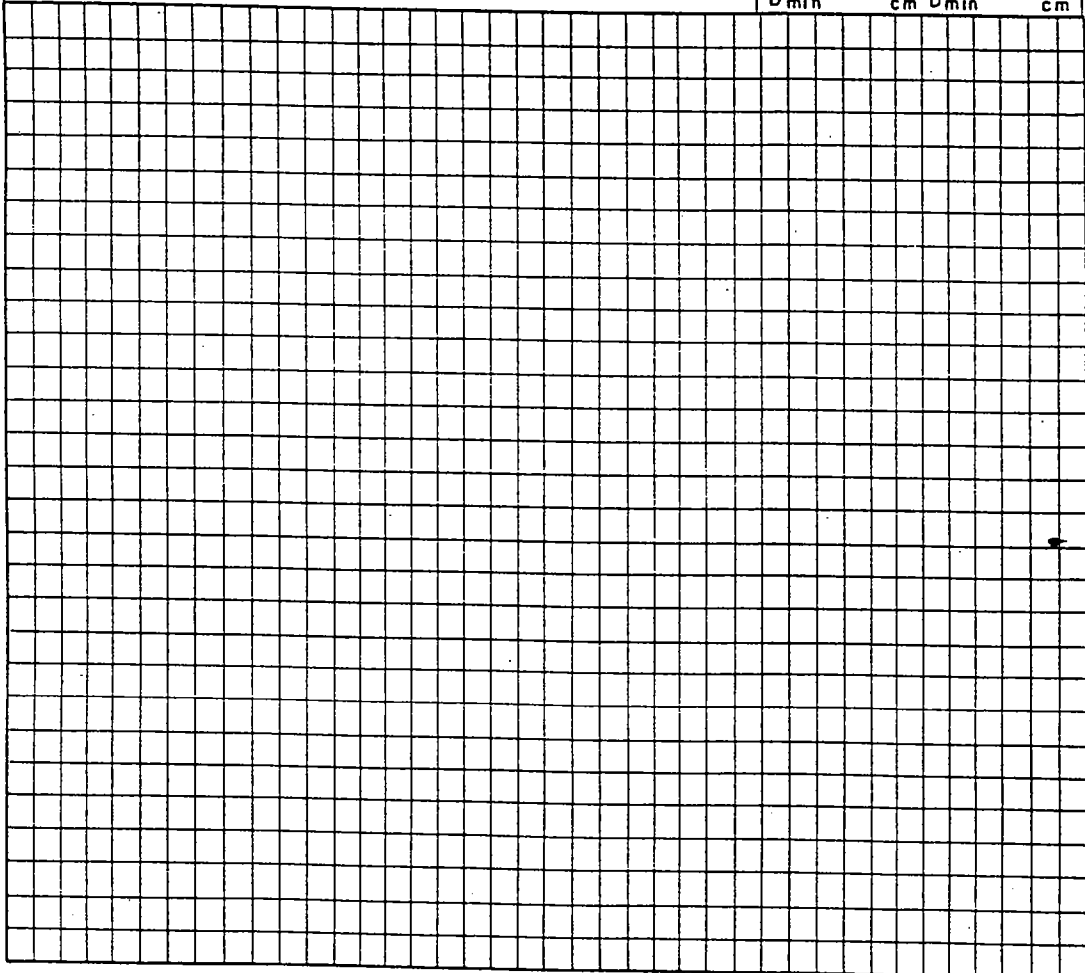


REMOLDEADA

DEFORMACION E

D<sub>max</sub> cm D<sub>max</sub> cm  
 D<sub>min</sub> cm D<sub>min</sub> cm

TENSION EN O KPa



respondientes valores del área corregida, obteniendo tensiones en la columna 8.

**6.2.4** Una vez representada la curva tensión corregida-deformación en un sistema de ejes cartesianos, si presenta un máximo relativo, su ordenada corresponde al valor de la resistencia a compresión simple, y su abscisa al de la deformación en rotura. Si no presenta un máximo relativo se toma como valor de la resistencia a compresión simple el correspondiente al 15 por ciento de deformación.

### **6.3 Expresión de los resultados**

**6.3.1** Los resultados obtenidos mediante cualquiera de los procedimientos anteriores se deben expresar

con una precisión de 5 kPa (Nota 3) en la tensión y del 0,1 por ciento en la deformación.

**Nota 3.**  $1 \text{ kp/cm}^2 = 98,07 \text{ kPa}$ .

**6.3.2** Se calcula la densidad seca según se indica en el impreso n.º 1, adjuntando este dato en la hoja de resultados junto con el de la humedad de la probeta.

**6.3.3** Se añade también el esquema de la forma de rotura, y el ángulo de inclinación del plano de rotura, siempre que sea posible.

## **7 CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS**

Esta norma se relaciona con la NLT-202/72.