

NOTA IMPORTANTE:

La entidad sólo puede hacer uso de esta norma para si misma, por lo que este documento NO puede ser reproducido, ni almacenado, ni transmitido, en forma electrónica, fotocopia, grabación o cualquier otra tecnología, fuera de su propio marco.

ININ/ Oficina Nacional de Normalización

GEOTECNIA. DETERMINACION DE LA RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE NO DRENADA UTILIZANDO LA VELETA DE LABORATORIO

Geotechnics. Undrained strength test
using laboratory vane

Descriptores: Suelo; Terreno; Resistencia de materiales;
Determinación; Esfuerzo; Equipo de
laboratorio.

3. Edición

1999

ICS: 93.020

REPRODUCCION PROHIBIDA

Oficina Nacional de Normalización (NC) Calle E No. 261 Vedado, Ciudad de La Habana.
Teléf.: 30-0835 Fax: (537) 33-8048 E-mail: ncnorma@ceniai.inf.cu

Prefacio

La Oficina Nacional de Normalización (NC), es el Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba que representa al país ante las Organizaciones Internacionales y Regionales de Normalización.

La preparación de las Normas Cubanas se realiza generalmente a través de los Comités Técnicos de Normalización. La aprobación de las Normas Cubanas es competencia de la Oficina Nacional de Normalización y se basa en evidencias de consenso.

- La presente norma ha tomado como base para su elaboración las normas ASTM D 4648:84 y la norma BS 1377 parte 2: 1990.
- Ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización NC/CTN 20 Geotecnia integrado por las siguientes instituciones:
 - Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas
 - Ministerio de la Construcción
 - Ministerio de la Industria Ligera
 - Ministerio de la Industria Básica
 - Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias
 - Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echevarría”
 - Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos
 - Oficina Nacional de Normalización
- Esta norma es de nueva edición y ha sido elaborada con el propósito de implantar un nuevo método de ensayo.
- Consta de Anexos A y B Informativos.

© NC, 1999

Todos los derechos reservados, a menos que se especifique, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada por alguna forma o medios electrónicos o mecánicos, incluyendo las fotocopias o microfilmes, sin el permiso previo escrito de:

Oficina Nacional de Normalización (NC).

Calle E No. 261 Ciudad de La Habana, Habana 3. Cuba.

Impreso en Cuba

Indice

1 Objeto	1
2 Referencias normativas.....	1
3 Generalidades.....	1
4 Resumen del método de ensayo	1
5 Aparatos, utensilios y medios de medición.....	2
6 Preparación de los especímenes	3
7 Preparación del equipo	3
8 Procedimiento de calibración	3
9 Aplicación y medición del torque de la veleta	4
10 Procedimiento	5
11 Expresión de los resultados	6
12 Reporte	6
ANEXOS	
A. Bibliografía	8
B. Reporte	9

GEOTECNIA. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE NO DRENADA UTILIZANDO LA VELETA DE LABORATORIO

1 Objeto

Esta Norma Cubana especifica un método para determinar la resistencia al esfuerzo cortante no drenada en suelos arcillosos saturados desde muy blandos hasta firmes (ángulo de fricción interna $\varphi = 0$).

2 Referencias normativas

Las siguientes normas contienen disposiciones que, al ser citadas en este texto, constituyen disposiciones de esta Norma Cubana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión se recomienda, a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar ediciones más recientes de las normas citadas seguidamente. La Oficina Nacional de Normalización posee la información de las Normas Cubanas en vigencia en todo momento.

NC 54:353:86 Suelos. Determinación de la humedad en el laboratorio.

NC 14: 98 Geotecnia. Método de conservación y transportación de muestras de suelo y roca.

3 Generalidades

- Este ensayo es el más adecuado para el estudio de la resistencia anisotrópica (resistencia al esfuerzo cortante no drenada en las direcciones vertical y horizontal).
- Se recomienda realizar el ensayo en suelos de granulometría fina, predominantemente en suelos arcillosos con una resistencia al esfuerzo cortante no drenada menor que 100 kPa .
- Las condiciones de falla en las arcillas de alta resistencia y fundamentalmente en suelos limosos, pueden diferir de la superficie de falla cilíndrica asumida, provocando errores en la medición de la resistencia.

4 Resumen del método de ensayo

Este método de ensayo consiste en insertar una veleta de cuatro hojas en una muestra no alterada o en una muestra compactada, rotando esta a una velocidad constante para determinar el torque requerido en una superficie cilíndrica, que al ser cortada por la veleta, este torque se convierte a una unidad de resistencia al esfuerzo cortante referida al área de la superficie cilíndrica. El torque se mide por medio de un resorte calibrado o un transductor eléctrico que se encuentra directamente unido a la veleta.

En este método se asume que la zona alterada alrededor de la veleta como resultado de la inserción se considera generalmente pequeña y tiene poco o ningún efecto en las propiedades tenso-deformacionales. En realidad el volumen de suelo alterado por la inserción de la hoja de la veleta dentro del volumen del cilindro de suelo a ser ensayado puede ser significativo.

5 Aparatos, utensilios y medios de medición

- Equipo de la veleta. Este equipo tendrá incluido un motor que rotará el resorte a una velocidad constante de $60^\circ / \text{min}$ a $90^\circ / \text{min}$. El conjunto de rotación resorte -veleta tendrá que poseer un indicador o un sistema de registro para determinar la declinación del resorte calibrado o la de un transductor eléctrico acoplado y cuando sea posible la rotación de la veleta.
- Veleta. Consiste en cuatro hojas rectangulares y según la figura 1, se recomienda que la altura de cada hoja sea dos veces el diámetro (2:1), pero también pueden ser usadas relaciones (1:1); el diámetro de la superficie cilíndrica de corte (D) puede variar de 12,7 mm a 25,6 mm, véase la figura 1.
- Resortes convencionales o transductores eléctricos de torque.

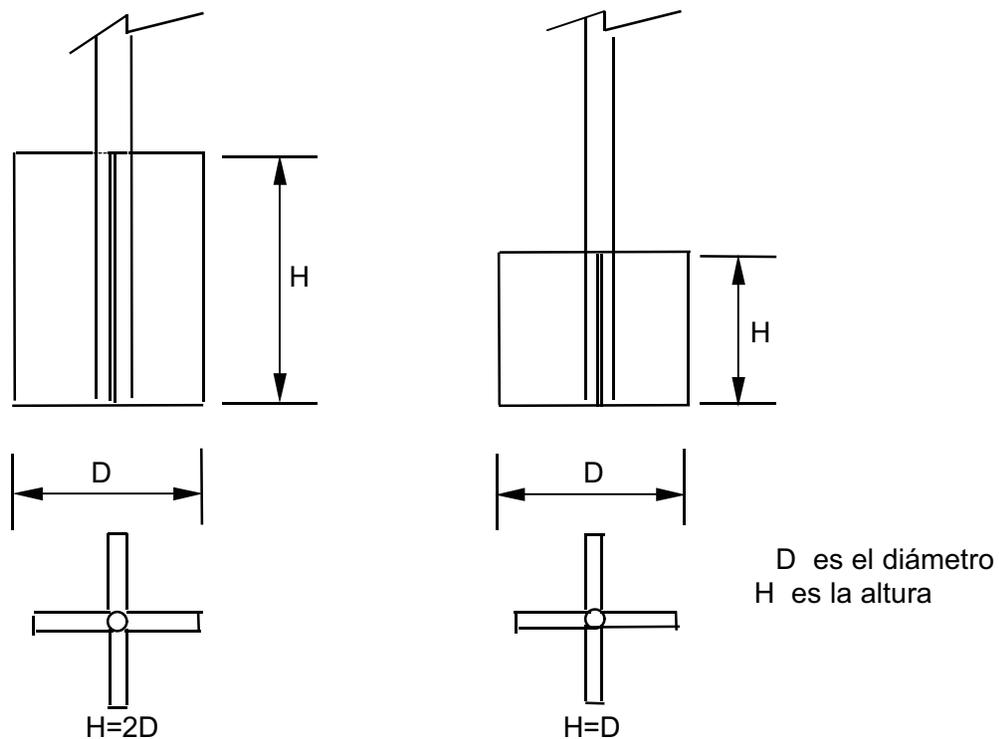


Figura 1 Geometría de la veleta

6 Preparación de los especímenes

6.1 Tamaño del espécimen

Los especímenes tendrán que tener un diámetro suficiente para permitir un espacio de al menos dos diámetros de la hoja entre todos los puntos de la superficie cilíndrica de corte y el borde exterior de la misma.

6.2 Resistencia del suelo inalterado a la veleta

6.2.1 Los especímenes inalterados se prepararán de monolitos de gran tamaño o de tubos muestreadores de pared delgada manipuladas o transportadas de acuerdo con NC 14: 98, durante la manipulación de la muestra debe prevenirse la alteración o pérdida del contenido de humedad.

6.2.2 Se engrasa la parte del espécimen donde será insertada la veleta.

6.2 Resistencia del suelo remoldeado a la veleta

Se realizan los ensayos de la resistencia a la veleta de laboratorio en especímenes ya fallados mediante la rotación de la veleta rápidamente con un mínimo de 5 revoluciones a 10 revoluciones completas, aunque en algunos suelos arcillosos puede obtenerse este remoldeo con 1 ó 2 revoluciones. Se ejecuta el ensayo antes de 1 min después del proceso de remoldeo. Este proceso de remoldeo se denomina “remoldeo mecánico” y los valores de resistencia obtenidos pueden asociarse a los valores de la resistencia residual.

7 Preparación del equipo

Se comprueba cuidadosamente cada hoja de la veleta antes de su uso, con el fin de verificar dobladuras e imperfecciones que puedan tener estas y que pudieran variar la superficie de falla cilíndrica asumida.

8 Procedimiento de calibración

8.1 Se realizan calibraciones periódicas de los resortes o transductores eléctricos.

8.2 Se añaden masas a una rueda calibrada para producir un torque conocido (brazo de la palanca por fuerza), véase la figura 2.

8.3 Se coloca el equipo de tal forma que el resorte de la veleta esté en una posición horizontal y se inserta la rueda de calibración en lugar de la veleta. La rueda de calibración, la cuerda y las masas de calibración tendrán que quedar libres de cualquier obstrucción. Se anotan las dimensiones de la rueda de calibración, principalmente el brazo de la palanca.

8.5 Se aplican una serie de masas calibradas a la rueda de calibración para realizar un gráfico de Declinación del resorte (grados) versus Torque (N.m). Se fija cuidadosamente cada masa calibrada a la cuerda de la rueda de calibración y se facilita el giro del resorte, para registrar la Declinación (grados) y el Torque aplicado. Se recomienda la tabla 1 de masa, fuerza y torque resultan-

te; en la figura 2 se muestra la configuración típica de la rueda de calibración. El brazo recomendado de la palanca será de 57,53 mm .

Tabla 1 Tabla de masa, fuerza y torque resultante

Masa (g)	Fuerza (N)	Torque (N.m)
1	0,009 8	0,000 5
10	0,098 0	0,005 6
50	0,490 3	0,028 2
100	0,980 6	0,056 4
500	4,903 4	0,281 8
1000	9,806 8	0,564 1

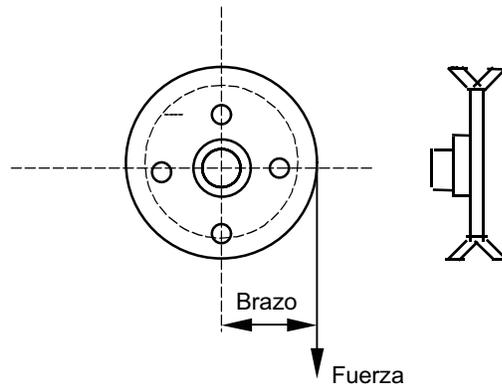


Figura 2 Configuración típica de la rueda de calibración

9 Aplicación y medición del torque de la veleta

9.1 Se aplica el torque a la veleta mediante un resorte convencional o un transductor eléctrico haciendo girar el dispositivo de rotación de la veleta. Se recomienda que el torque sea realizado con el motor, aunque pudiera ser manualmente, ya que la resistencia de la veleta puede estar influenciada significativamente por la velocidad del giro.

9.2 Se confecciona un gráfico de Declinación del resorte (grados) versus Torque, (Newton metro), el cual deberá tener una relación lineal (véase la figura 3).

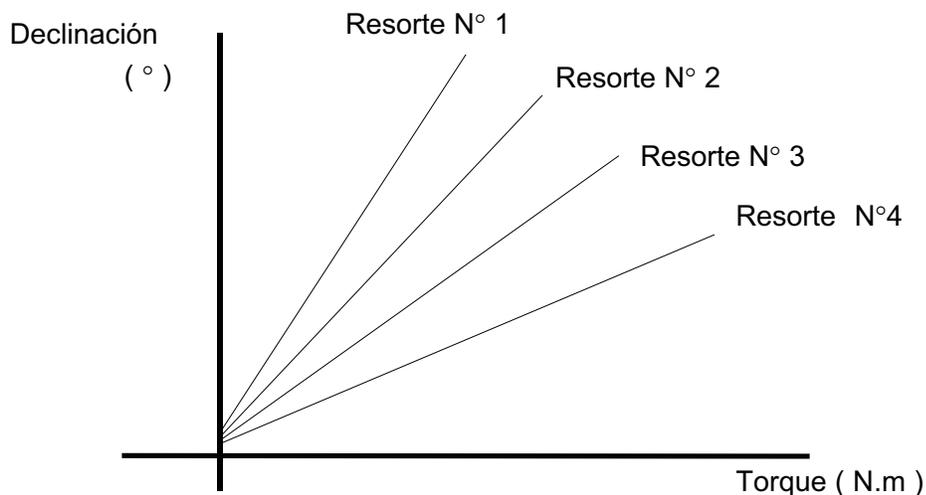


Figura 3 Gráfico de calibración de la veleta para diferentes resortes

10 Procedimiento

10.1 Determinación de la resistencia al esfuerzo cortante no drenada inalterada

10.1.1 Se fija el equipo y el recipiente del espécimen para evitar el movimiento durante el ensayo.

10.1.2 Se inserta la veleta en el espécimen como mínimo en dos veces la altura, para asegurar que la parte superior de cada hoja esté insertada al menos una vez la altura de la misma por debajo de la superficie del espécimen y esta se sujeta firmemente para evitar su rotación.

10.1.3 Se registra una lectura inicial y se inicia la rotación de la veleta mecánicamente, garantizando una velocidad constante de la parte superior del resorte de $60^\circ / \text{min}$ a $90^\circ / \text{min}$.

10.1.4 Se registra la desviación del resorte al menos cada 5° de rotación hasta que no se produzcan incrementos. En el momento en que los incrementos aumenten o se alcance una rotación de 180° se considera que el suelo ha fallado. Durante esta rotación la veleta se mantiene en un mismo nivel de profundidad; se registra el torque máximo de la resistencia al esfuerzo cortante no drenada inalterada y se anota en el reporte. Véase el Anexo B.

10.1.5 Se extrae la veleta y si es necesario se limpia y se toma una porción representativa del espécimen para determinar la humedad según NC 54-353. Se inspecciona y se anota si contiene arena, grava o presenta agrietamiento, todo lo cual pudiera influir en los resultados del ensayo.

10.2 Determinación de la resistencia al esfuerzo cortante no drenada remoldeada

10.2.1 Se repiten los procedimientos 10.1.1 y 10.1.2 .

10.2.2 Se realiza la operación de remoldeo mecánico rotando la veleta rápidamente con un mínimo de 5 revoluciones / min a 10 revoluciones / min .Inmediatamente después de la terminación de es-

ta rotación rápida, y en todos los casos dentro del minuto posterior al proceso de remoldeo, se repite el procedimiento según 10.1.3 y 10.1.4 . Se anota el torque máximo de la resistencia al esfuerzo cortante no drenada remoldeada en el reporte de ensayo, véase el Anexo B, y se ejecuta el procedimiento según 10.1.5 .

10.2.3 Se repiten los procedimientos según 10.2.1 y 10.2.2

11 Expresión de los resultados

Para la determinación de la resistencia al esfuerzo cortante no drenada inalterada o la resistencia al esfuerzo cortante no drenada remoldeada (τ) se utiliza la siguiente expresión:

$$\tau = \frac{T}{\frac{\pi D^2}{2} \left[H + \frac{D}{3} \right] 10^{-6}}$$

donde:

- τ es la resistencia al esfuerzo al cortante no drenada inalterada o resistencia al esfuerzo al cortante no drenada remoldeada, en Pascal;
- T es el torque de la resistencia al cortante no drenada inalterada o de la resistencia al esfuerzo al cortante no drenada remoldeada según gráfico de calibración, en newton metro;
- D es el diámetro de la superficie cilíndrica de corte asumida de la veleta, en centímetros;
- H es la altura de la veleta, en centímetros;

Utilizando la tabla 2 el valor de (τ) puede ser calculado mediante la siguiente expresión:

$$\tau = \frac{T}{C}$$

Tabla 2 Valores de C

D (cm)	H (cm)	$C = \frac{\pi D^2}{2} \left(H + \frac{D}{3} \right) 10^{-6}$ (m ³)
1,27	1,27	4,28 x 10 ⁻⁶
1,27	1,91	5,90 x 10 ⁻⁶
1,27	2,54	7,50 x 10 ⁻⁶

12 Reporte

- El reporte tendrá la siguiente información:
- La obra N° de cala, muestra, tipo de muestra, profundidad, laboratorista y fecha.
- La descripción del espécimen.

- Las dimensiones de la veleta
- El número del resorte o transductor utilizado.
- Las lecturas del torque máximo e intermedias si se requieren para el ensayo inalterado, incluir la curva de esfuerzo-deformación para el ensayo con transductor.
- Las lecturas del torque máximo para el ensayo remoldeado y número de revoluciones utilizadas para el remoldeo.
- La velocidad de rotación y tiempo de falla del ensayo.
- El tipo de equipo utilizado (marca, modelo, fabricante).
- Notas sobre cualquier variación de la norma.

ANEXO A
(Informativo)

BIBLIOGRAFIA

- | | |
|------------------------|---|
| ASTM D 4648:94 | Standard Test Method for Laboratory Miniature Vane Shear Test for Saturated Fine-Grained Clayey Soil. |
| B S 1377: Part 2: 1990 | British Standard Methods of Test for Soils for Civil Engineering Purposes . Determination of shear strength by the Laboratory Vane Method |

**ANEXO B
(Informativo)**

REPORTE

ORGANISMO:	DEPENDENCIA:	Determinación de la resistencia al esfuerzo cortante utilizando la veleta de laboratorio					
Obra: _____		Registro: _____					
Cala: _____		Muestra: _____		Profundidad: _____			
Operador: _____		Calculista: _____		Fecha: _____			
Datos de la Veleta							
Diámetro (cm): _____ Relación: _____ Altura (cm): _____ N ^o del resorte o transductor: _____							
Ensayo de la resistencia al esfuerzo cortante no drenada inalterada <input type="checkbox"/>							
Ensayo de resistencia al esfuerzo cortante no drenada remodelada <input type="checkbox"/> N ^o de revoluciones completas: _____							
Declinación (°)	Torque N.m	Declinación (°)	Torque N.m	Declinación (°)	Torque N.m	Humedad	
						N ^o de Pesafiltro	
						Masa Húmeda (g)	
						Masa Seca (g)	
						% Humedad	
				DIBUJO		Promedio	
						Velocidad de rotación:	
						Tiempo de falla:	
Torque máximo (N.m): _____						<p align="center">Fórmula utilizada</p> $\tau = \frac{T}{C} \quad (Pa)$ <p>Donde:</p> $C = \frac{\pi D^2}{2} \left(H + \frac{D}{3} \right) 10^{-6}$ <p>T es el torque, en N.m;</p> <p>D es el diámetro , en cm;</p> <p>H es la altura, en cm.</p>	
Resistencia al esfuerzo cortante no drenada (τ) (Pa) _____							
Descripción:							

