

## Mecánica de suelos - Determinación de la densidad en el terreno - Método del cono de arena

### Preámbulo

El Instituto Nacional de Normalización, INN, es el organismo que tiene a su cargo el estudio y preparación de las normas técnicas a nivel nacional. Es miembro de la INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) y de la COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS (COPANT), representando a Chile ante esos organismos.

La norma NCh1516 ha sido preparada por la División de Normas del Instituto Nacional de Normalización, y en su estudio participaron los organismos y las personas naturales siguientes:

Astilleros y Maestranzas de la Armada, ASMAR  
Cemento El Melón S.A., Depto. Asesoría Técnica  
Centro de Estudios, Medición y Certificación de  
Calidad, CESMEC Ltda.  
E.C. Rowe y Asociados

Empresa Nacional de Electricidad S.A., ENDESA  
Instituto Nacional de Normalización, INN  
Ministerio de la Vivienda y Urbanismo, Depto. de  
Normalización

Ministerio de la Vivienda y Urbanismo, División de  
Desarrollo Urbano  
Ministerio de la Vivienda y Urbanismo, SERVIU  
Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Obras  
Sanitarias

José A. Reyes A.  
Armando Soto O.

Edwin Party D.  
Enrique Rowe M.  
Carmen Gloria Villarroel C.  
Eugenio Garcés V.  
Alfredo Cifuentes S.

Alfonso Herrera A.  
Daniel Súnico H.  
Iván Tironi E.

Jaime Téllez T.  
Lucio López V.

José Petit V.

NCh1516

Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Vialidad

PROPECTA Ltda.

Sociedad Chilena de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones, SOCHIMSUF

Universidad Austral de Chile, Facultad de Ingeniería Forestal<sup>1)</sup>

Universidad Católica de Chile

Universidad Católica de Chile, Depto. de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, DICTUC

Universidad de Chile, Instituto de Investigaciones y Ensayos de Materiales, IDIEM

Universidad Técnica del Estado, Sede La Serena, Depto. de Construcción Civil

Universidad Técnica del Estado, Sede Temuco, Depto. de Construcción Civil

Universidad Técnica del Estado, Depto. de Obras Civiles

Universidad Técnica Federico Santa María

Miguel Astudillo P.  
Jorge Pentenero B.  
Jorge Salgado A.  
Eduardo Soto F.  
Enrique Taulis V.

Andrés Pérez M.

Jorge Gayoso A.  
Guido Concha G.

Arturo Morales M.  
Jorge H. Troncoso T.

Horacio Musante H.

J. Mario Aguilera L.

Italo Cicarelli S.

Carmen Norambuena P.  
Gerardo M. Silva Ch.  
Ricardo Mecklenburg W.

Esta norma concuerda en parte con la norma de la AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, ASTM D 1556 *Density of soil in place by the sand cone method*.

Esta norma ha sido aprobada por el Consejo del Instituto Nacional de Normalización, en sesión efectuada el día 15 de Diciembre de 1978.

Esta norma ha sido declarada Oficial de la República de Chile por Decreto N°96 de fecha 14 de Febrero de 1979, del Ministerio de la Vivienda y Urbanismo, publicado en el Diario Oficial N°30.307 del 06 de Marzo de 1979.

---

<sup>1)</sup> En representación del Comité Regional de Normalización de Mecánica de Suelos de la X Región.

# Mecánica de suelos - Determinación de la densidad en el terreno - Método del cono de arena

## 1 Alcance y campo de aplicación

Esta norma establece un procedimiento para determinar en el terreno la densidad de suelos cuyas partículas son menores que 50 mm.

## 2 Aparatos

### 2.1 Aparato de densidad

Consistente en una válvula cilíndrica de 12,5 mm de abertura con un extremo terminado en forma de embudo y con su otro extremo ajustado a la boca de un recipiente de aproximadamente 4 L de capacidad. La válvula debe tener topes que permitan fijarla en su posición completamente cerrada o completamente abierta. El aparato debe llevar una placa base (ver figura).

NOTA - El aparato descrito puede usarse con perforaciones de ensayo de aproximadamente 3 L.

El uso de la placa base facilita la ubicación del aparato de densidad, permite reducir pérdidas al transferir el suelo desde la perforación al envase, permite perforaciones de ensayo de un mayor diámetro y proporciona una base más sólida en suelos blandos. Esta placa debe considerarse como parte constituyente del embudo durante el ensayo.

### 2.2 Arena de ensayo

Compuesta por partículas sanas, redondeadas, no cementadas y comprendidas entre 2 mm y 1 mm. Debe estar lavada y seca en estufa a  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

Para elegir la arena deben efectuarse previamente cinco determinaciones de su densidad aparente empleando la misma muestra representativa, de acuerdo con 3.2.

NCh1516

Para su aceptación los resultados de dichas determinaciones deben tener una variación menor que el 1% entre sí.

### **2.3 Depósito para calibración de la arena**

Recipiente metálico, impermeable, de forma cilíndrica y con una capacidad volumétrica de 2 a 3 L.

### **2.4 Balanza**

Con una capacidad máxima de 15 kg y una precisión de 1 g.

### **2.5 Equipo de secado**

Según NCh1515.

### **2.6 Envases**

Recipientes con tapa, tarros de hojalata sin costura con tapa hermética, bolsas de polietileno u otros recipientes adecuados para contener las muestras y la arena de ensayo respectivamente.

### **2.7 Herramientas y accesorios**

Picota, chuzo, pala, para despejar o alcanzar la cota del punto de medición; combo, cuchillo, martillo, pala jardinera y cuchara para cavar la perforación de ensayo; termómetro y placa de vidrio para calibrar el depósito; brocha, cinta métrica, libreta de apuntes, etc.

## **3 Procedimiento**

### **3.1 Determinación de la capacidad volumétrica del depósito:**

- a) colocar el depósito limpio y seco sobre una superficie firme y horizontal;
- b) llenar el depósito con agua a temperatura ambiente y enrasar con un placa de vidrio, eliminando burbujas de aire y el exceso de agua;
- c) determinar la masa de agua que llena el depósito ( $m_w$ ) aproximando a 1 g;
- d) medir la temperatura del agua y determinar su densidad ( $\rho_w$ ) de acuerdo con la tabla 1, interpolando si fuera necesario;

Tabla 1 - Densidad del agua según su temperatura

Temperatura °C	Densidad g/cm <sup>3</sup> (kg/L)
16	0,999 09
18	0,998 59
20	0,998 20
23	0,997 54
26	0,996 78
29	0,995 94

- e) determinar y registrar la capacidad volumétrica aproximando a 1 cm<sup>3</sup> (1 ml), dividiendo la masa de agua que llena el depósito por su densidad  $V_m = m_w/\rho_w$ .

### 3.2 Determinación de la densidad aparente de la arena de ensayo

- a) llenar el aparato de densidad con la arena de ensayo;
- b) colocar el depósito limpio y seco sobre una superficie plana, firme y horizontal, montar sobre él la placa base y asentar el aparato de densidad boca abajo sobre la placa, procurando que la operación sea similar a la que va a realizarse en terreno;
- c) abrir la válvula, dejar fluir la arena y cerrar la válvula cuando la arena sobrepase el borde de la medida;
- d) retirar el aparato de densidad, la placa base y el exceso de arena, enrasar cuidadosamente sin producir vibración;
- e) determinar la masa de la arena que llena la medida ( $m_a$ ), aproximando a 1 g;
- f) determinar la densidad de la arena dividiendo la masa de arena que llena la medida por la capacidad volumétrica de la medida

$$\rho_a = m_a / V_m$$

- g) repetir toda la operación cinco veces, elegir los tres resultados más próximos (que no difieran entre sí en más de 0,1%);
- h) determinar y registrar la densidad aparente de la arena de ensayo como el promedio de los tres resultados elegidos, aproximando a 1 g/ml.

NOTA - Un prolongado lapso entre esta determinación y el empleo de la arena en terreno puede alterar la densidad por un cambio en su contenido de humedad o en su gradación efectiva.

### 3.3 Determinación de la masa de arena que llena el embudo:

- a) llenar el aparato de densidad con arena, determinar y registrar su masa ( $m_i$ ), aproximando a 1 g;
- b) colocar la placa base sobre una superficie plana, firme y horizontal y asentar el aparato de densidad boca abajo sobre la placa;
- c) abrir la válvula y mantenerla abierta hasta que la arena llene el embudo;
- d) cerrar la válvula bruscamente, determinar y registrar la masa del aparato más la arena remanente ( $m_f$ ), aproximando a 1 g;
- e) determinar y registrar la pérdida de masa ( $m_e$ ), como masa de la arena que llena el embudo, aproximando a 1 g:

$$m_e = m_i - m_f$$

### 3.4 Determinación de la densidad del suelo en el terreno

#### 3.4.1 Determinación del volumen de la perforación de ensayo:

- a) preparar la superficie de la localización a ensayar de modo que esté plana y nivelada;
- b) colocar la placa base sobre esta superficie nivelada;

NOTA - En aquellos suelos en que el nivelado no resulta adecuado debe dejarse expresa constancia de este hecho en el informe del ensayo.

- c) excavar dentro de la abertura de la placa base una perforación de ensayo del tamaño indicado en tabla 2, según el tamaño máximo de partículas, cuidando de no alterar las paredes de suelo que delimitan la perforación. Los suelos esencialmente granulares requieren extremo cuidado;

NOTA - Se recomienda iniciar la excavación con un diámetro menor que la abertura de la placa y después afinar hacia los bordes.

- d) colocar todo el suelo excavado en un envase tapado y protegido de pérdidas y contaminaciones;
- e) determinar y registrar la masa del aparato de densidad con el total de arena ( $m_i$ ) aproximando a 1 g, asentar el aparato de densidad boca abajo sobre la placa, abrir la válvula y cerrarla una vez que la arena ha dejado de fluir;
- f) determinar y registrar la masa del aparato más la arena remanente ( $m_f$ ), aproximando a 1 g;

- g) determinar y registrar la pérdida de masa ( $m_a$ ) como masa de la arena empleada en el ensayo, aproximando a 1 g;

$$m_a = m_i - m_f$$

- h) recuperar la arena de ensayo y dejarla en un envase aparte hasta acondicionarla a fin de que cumpla con los requisitos establecidos en 2.2 previo a utilizarla nuevamente.

### 3.4.2 Determinación de la masa seca del material extraído de la perforación de ensayo:

- a) inmediatamente de extraído el total del material excavado de la perforación de ensayo determinar y registrar la masa húmeda ( $m_h$ ) aproximando a 1 g, mezclar completamente y mantenerlo protegido en su envase;
- b) extraer una muestra representativa de este material del tamaño indicado en tabla 2, envasarla y determinar su humedad ( $\omega$ ) en laboratorio según NCh1515.

Tabla 2 - Tamaño de la perforación de ensayo y de la muestra para determinación de humedad

Tamaño máximo de partículas del suelo Mm	Tamaño mínimo de la perforación de ensayo		Tamaño mínimo de la muestra para determinación de humedad g
	cm <sup>3</sup>	l	
50	2 800	2,8	1 000
25	2 100	2,1	500
12,5	1 400	1,4	250
5	700	0,7	100

NOTA – En suelos en que predominan las partículas gruesas es recomendable determinar la humedad sobre el total de material extraído.

## 4 Expresión de resultados

### 4.1 Masa seca del material extraído de la perforación de ensayo:

$$m_s = \frac{m_h}{\left[1 + \left(\frac{\omega}{100}\right)\right]}$$

en que:

$m_s$  = masa seca del material extraído de la perforación de ensayo, g;

$m_h$  = masa húmeda del material extraído de la perforación de ensayo, g;

$\omega$  = humedad del suelo determinada según NCh1515, %.

**4.2 Volumen de la perforación de ensayo:**

$$V_s = \frac{(m_a - m_e)}{\rho_a}$$

en que:

$V_s$  = volumen de la perforación de ensayo,  $\text{cm}^3$ ;

$m_a$  = masa de la arena empleada en el ensayo, g;

$m_e$  = masa de la arena que llena el embudo, g;

$\rho_a$  = densidad aparente de la arena,  $\text{g/cm}^3$  ( $\text{kg/L}$ ).

**4.3 Densidad del suelo:**

$$\rho_d = \frac{m_s}{V_s}$$

en que:

$\rho_d$  = densidad del suelo seco,  $\text{g/cm}^3$  ( $\text{kg/L}$ );

$m_s$  = masa seca del material extraído de la perforación de ensayo, g;

$V_s$  = volumen de la perforación de ensayo,  $\text{cm}^3$ .

NOTA - La densidad del suelo puede expresarse también como densidad del suelo húmedo, indicando además la humedad correspondiente ( $\omega$ , %) de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$\rho_h = \frac{m_h}{V_s}$$

en que:

$\rho_h$  = densidad del suelo húmedo,  $\text{g/cm}^3$  ( $\text{kg/L}$ );

$m_h$  = masa húmeda del material extraído de la perforación de ensayo, g;

$V_s$  = volumen de la perforación de ensayo,  $\text{cm}^3$ .



Dimensiones en milímetros

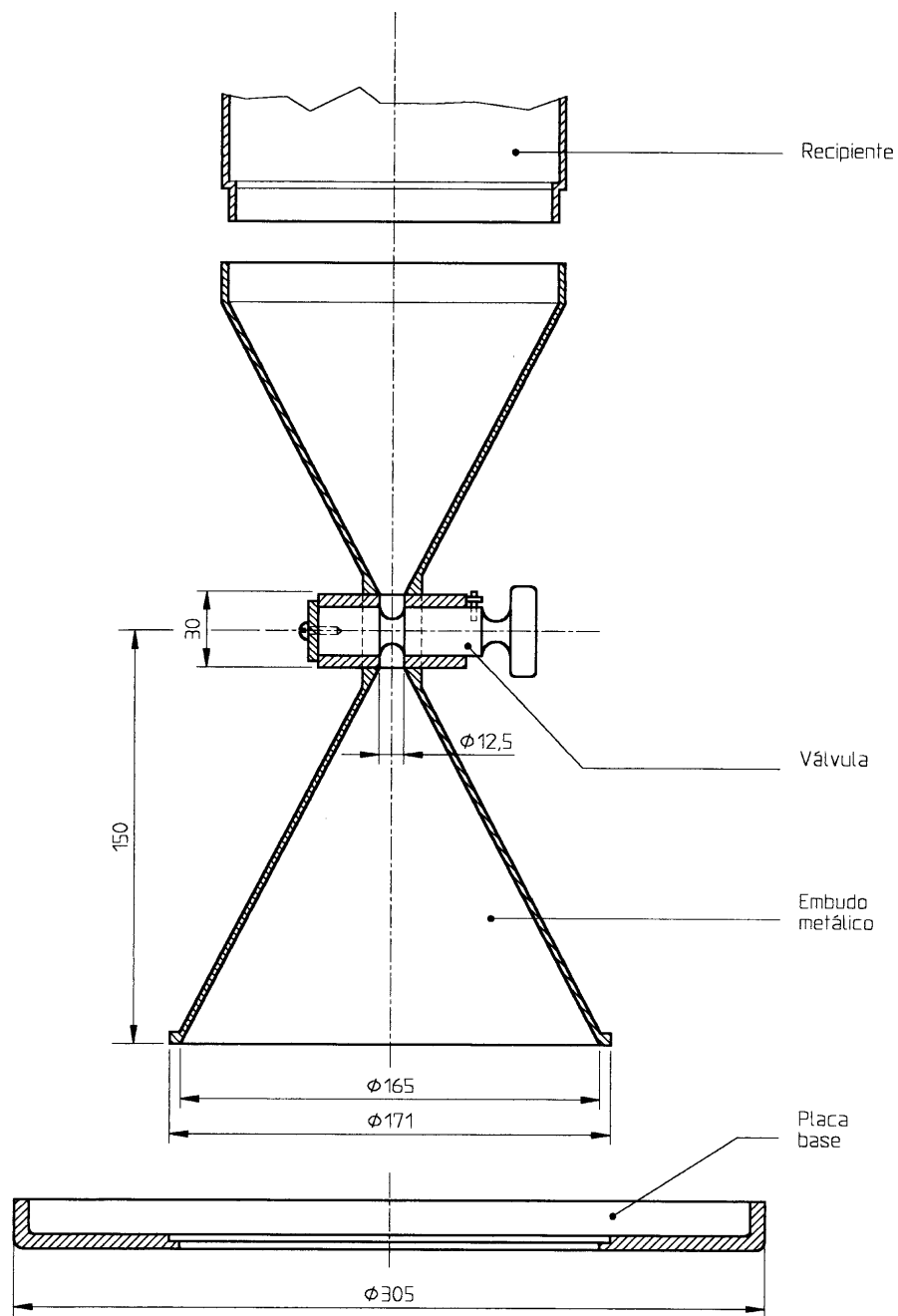


Figura - Esquema de aparato de densidad



**Mecánica de suelos - Determinación de la densidad en el terreno - Método del cono de arena**

*Soil mechanics - Determination of density in place - Sand cone method*

Primera edición : 1979  
Reimpresión : 1999

**Descriptor:** *mecánica de suelos, suelos, ensayos, ensayos de suelos, determinación de la densidad*

---

CIN

COPYRIGHT © 1983 : INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION - INN

\* Prohibida reproducción y venta \*

Dirección : Matías Cousiño N° 64, 6° Piso, Santiago, Chile

Casilla : 995 Santiago 1 - Chile

Teléfonos : + (56 2) 441 0330 • Centro de Documentación y Venta de Normas (5° Piso) : + (56 2) 441 0425

Telefax : + (56 2) 441 0427 • Centro de Documentación y Venta de Normas (5° Piso) : + (56 2) 441 0429

Web : [www.inn.cl](http://www.inn.cl)

Miembro de : ISO (International Organization for Standardization) • COPANT (Comisión Panamericana de Normas Técnicas)