

Universidad Nacional de Ingeniería

Fic – Cismid

Densidad de Campo

Ing. Luis Chang Chang

Laboratorio Geotécnico

Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID)

Índice

- 1. Objetivo**
- 2. Áreas de ejecución**
- 3. Metodologías**
- 4. Método Cono de Arena (ASTM D 1556)**
 - 4.1 Alcance**
 - 4.2 Importancia del uso**
 - 4.3 Elementos necesarios**
 - 4.4 Hallar el volumen del recipiente**
 - 4.5 Densidad volumétrica de la arena**
 - 4.6 Calibración de la arena**
 - 4.7 El ensayo**

- 5. Método Densidad y Peso Unitario por el Globo de Hule (ASTM D 2167)**
- 6. Método Nuclear (ASTM D 2922 y D 3017).**
- 7. Valores típicos**

La densidad es una medida del estado de empaquetamiento de las partículas del suelo y para esto la densidad seca es una de las medidas mas apropiadas.

1. Objetivo

Determinar la densidad y peso unitario en una superficie de un suelo acabado y compactado por medios mecánicos tales como:

- Rodillo (liso o vibratorio).
- Rodillo neumáticos.
- Rodillo pata de cabra.
- Compactador manual (plancha).
- Compactador de impacto.
- Haber realizado una pre – carga.
- Pisón manual, etc.

2. Áreas de ejecución

- Rellenos compactados.
- Presas de tierra (durante la construcción).
- Estructuras de pavimentos (sub rasante, sub-base, base).
- Pista de aterrizaje (aeropuertos).
- Terraplén para vías férreas.
- Cimentaciones de canales.
- Fondos de piscina, veredas, losa deportiva, estructuras para pisos, almacenes, silos, parques de estacionamiento, etc.

3. Metodologías

El ensayo de Densidad de Campo In – Situ se puede realizar mediante 3 métodos:

1. Densidad del suelo por el Cono de Arena (ASTM D 1556).
2. Densidad y peso unitario por el Globo de Hule (ASTM – 2167).
3. Densímetro nuclear (ASTM D 2922 y D 3017).

4. Método Cono de Arena

(ASTM D 1556)

4.1 Alcance

- Determina la densidad in – situ de suelos.
- En algún material que pueda ser excavado.
- No usar en suelos que comprometan la salud.
- Se limita a suelos saturados y muy blandos o muy sueltos.

4.2 Importancia del Uso

- El método es ampliamente usado.
- Determina densidad depósitos naturales y terraplenes.

4.3 Elementos necesarios

- Recipiente de plástico o metal (4000 cm³)
- Cono metálico
- Base metálica con un círculo hueco
- Espátula y cuchara
- Balanza (capacidad 10 k.)
- Termómetro y wincha
- Recipiente para contenido de humedad
- Arena calibrada (malla No. 10 y No. 60)
- Comba y cincel
- Bolsas plásticas.

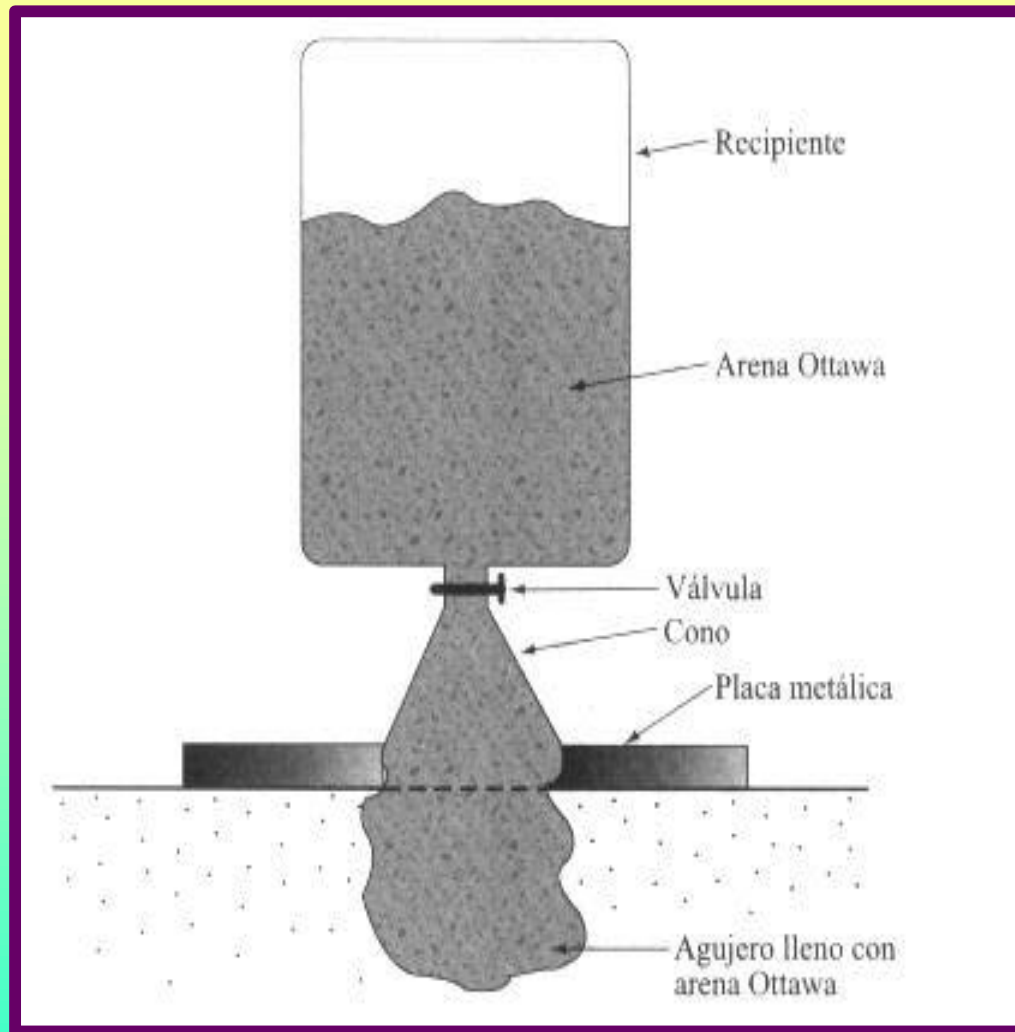


Fig. 1. Aparato Cono de Arena para el Ensayo Densidad de Campo.

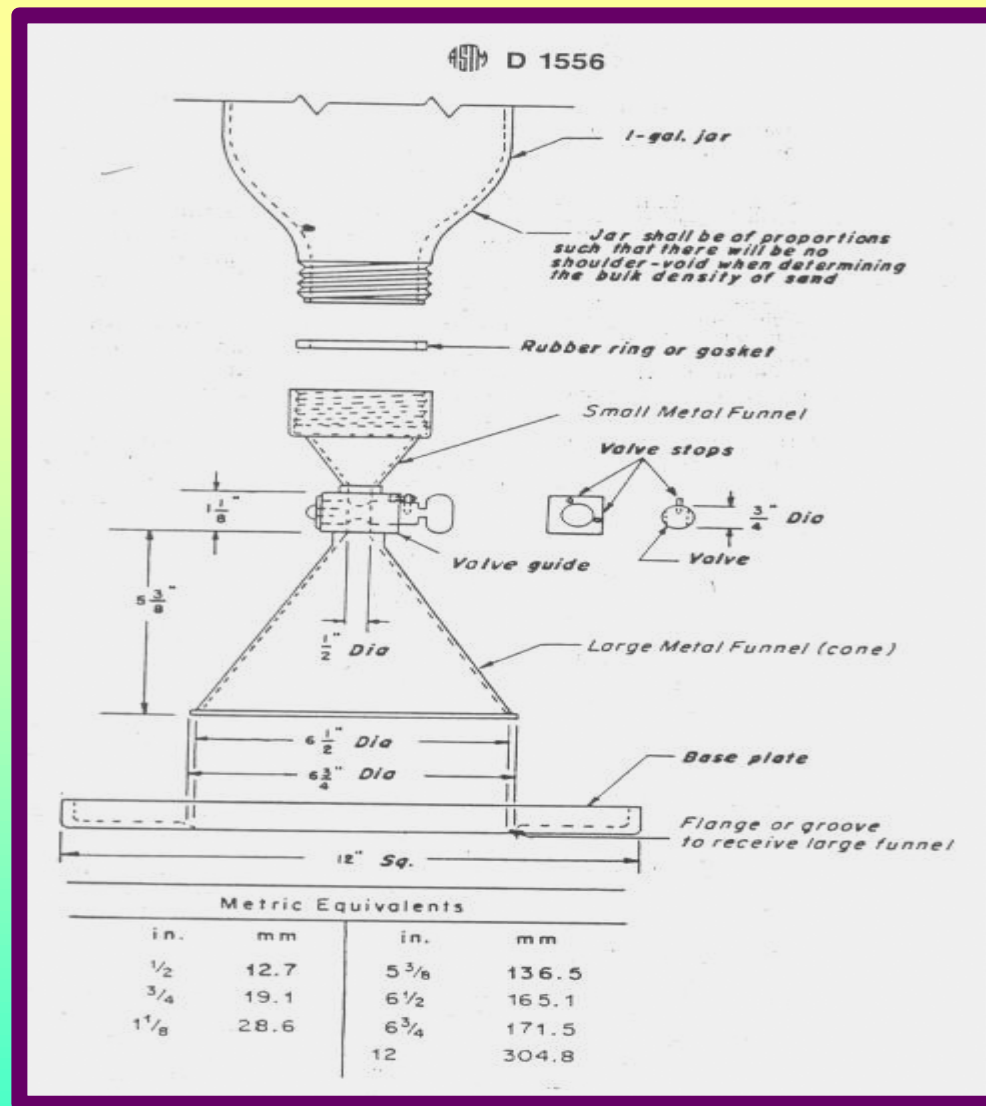


Fig. 2. Aparato de Densidad de Campo (ASTM D1556).



Fig. 3. Equipo mínimo de Densidad de Campo.

4.4 Hallar el volumen del recipiente

1. Pesar el recipiente + Cono vacío. (m_1)
2. Llenar de agua al recipiente hasta el nivel de la válvula.
3. Pesar recipiente + Cono vacío + agua. (m_2)
4. Tomar la temperatura del agua. (K)

Repetir el procedimiento 6 veces y promediar.

Calcular:

$$V_1 = K(m_1 - m_2)$$

V_1 = volumen del recipiente en cm³.

K = corrección T° C (cm³/g).

m_i = pesos del recipiente, Cono y agua.

4.5 Densidad volumétrica de la arena

- Colocar el aparato vacío, válvula cerrada, con el Cono hacia arriba y llenarlo con arena. Abra la Válvula.
- Llenarlo del modo anterior hasta la mitad. Abra la válvula y llenarlo totalmente. Ciérrelo y vaciar el exceso de arena del Cono.
- Pesar arena en el recipiente + Cono (m_3)
- Calcular la densidad volumétrica de la arena.

$$m_4 = m_3 - m_1 \quad (\text{g})$$

$$\delta_s = m_4 / V_1 \quad (\text{g/cm}^3)$$

m_4 = masa de arena para llenar el aparato (g)

δ_s = densidad volumétrica de la arena (g/cm³)

4.6 Calibración de la arena

- Tamizar arena seca entre las mallas No. 10 y No. 60 ó $C_u < 2$. Arena de tamaño uniforme y forma sub redondeada y redondeada.
- Lavar la arena en la malla No. 200 y secarla en el horno.
- Medir el volumen y pesos de la arena en el recipiente tantas veces como fuera posible de tal manera se conocerá el δ y M .
- Tomar 6 muestras de arena para realizar el ensayo de gravedad específica y hallar G_s .

4.7 El ensayo

- Conocer el peso del Cono sin arena, con arena y el volumen del recipiente.
- Colocar la base en la superficie nivelada, excavar en forma cilíndrica hasta la profundidad a investigar. Pesar la muestra extraída.
- Colocar el Cono de arena. Abrir la válvula, llenar el hueco y el Cono inferior con arena. Retirar el Cono.
- Extraer la arena sobrante del Cono inferior y pesarlo con lo anterior.
- Extraer la arena del hueco y pesarlo.
- Calcular el volumen del hueco.
- Determinar la δ de la capa investigada.

5. Método Densidad y Peso Unitario por el Globo de Hule (ASTM D 2167)

El procedimiento es similar al del método del Cono de arena; se hace un hueco de prueba y se determinan el peso húmedo del suelo retirado del hueco y su contenido de agua. Sin embargo, el volumen del hueco se determina introduciendo a éste un globo de hule con agua de un recipiente calibrado, del cual el volumen se lee directamente.

El peso específico seco del suelo compactado se determina usando la ecuación:

$$\gamma_d = W/V$$

W = peso seco del suelo excavado del hueco (k)

V = volumen del hueco (m³).

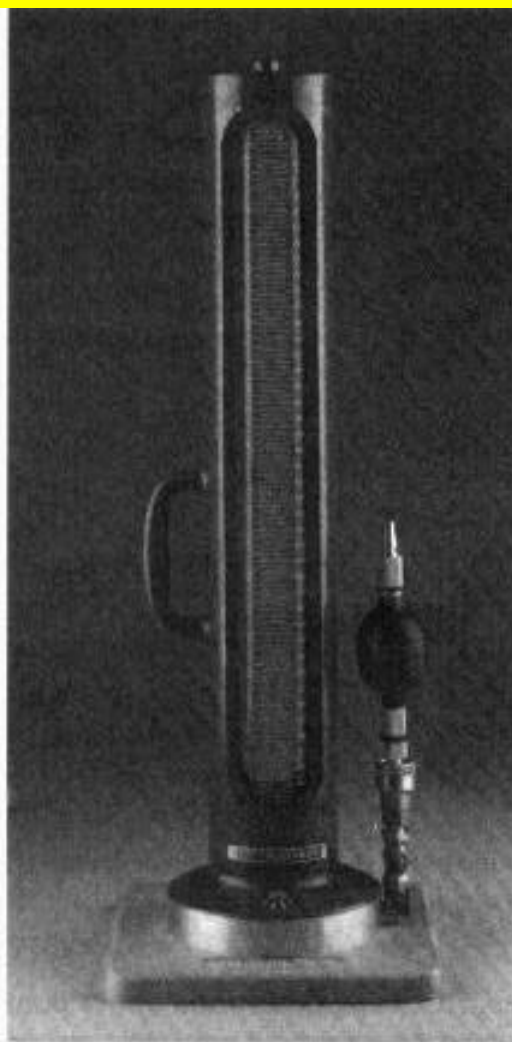


FIGURA 3.20 Recipiente calibrado del método de globo de hule para determinar el peso específico de campo (cortesía de ELE International/ Soiltest Products Division, Lake Bluff, Illinois).

Fig. 4. Aparato Globo de Hule.

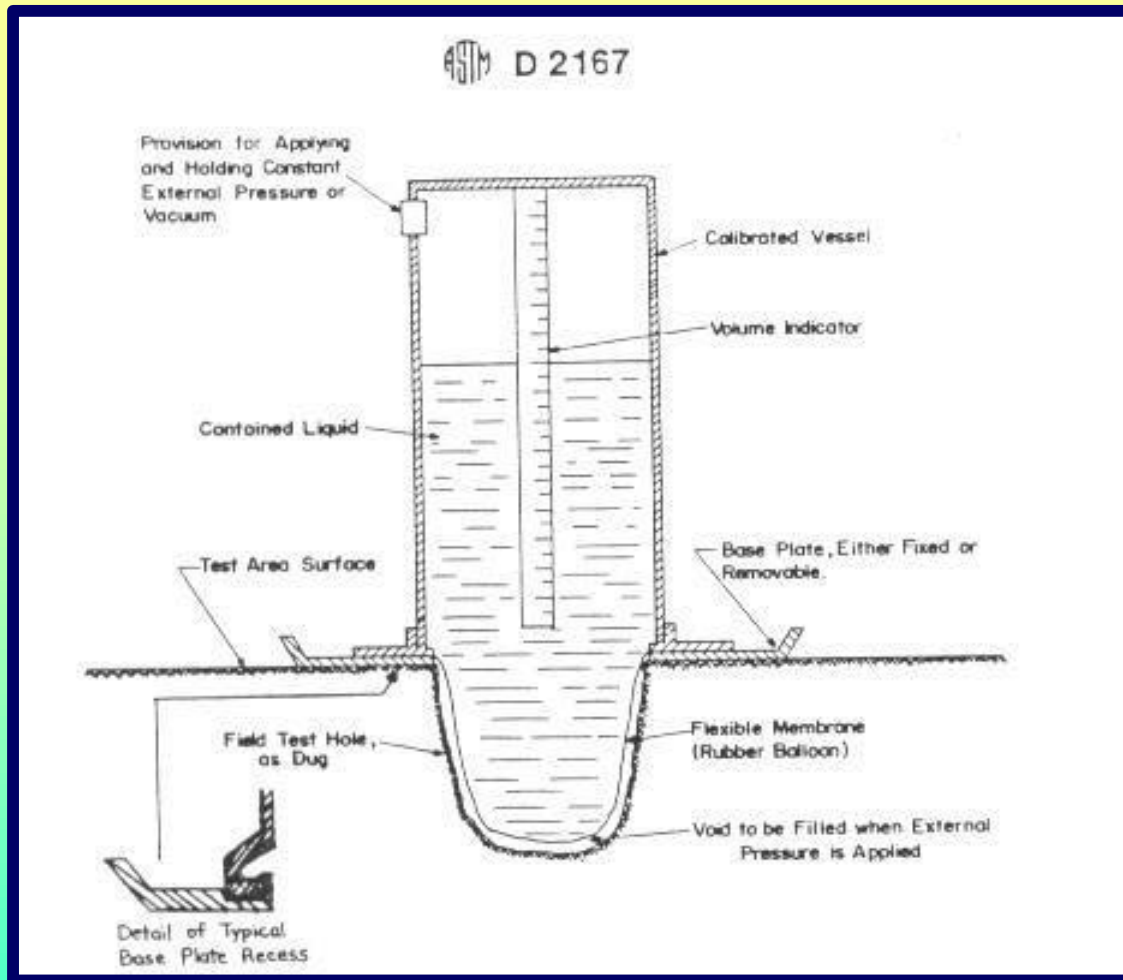


Fig. 5. Aparato Globo de Hule.

6. Método Nuclear (ASTM D 2922 y D 3017)

Los medidores nucleares de densidad son ahora usados con frecuencia para determinar el peso específico seco compactado de suelo. Los densímetros nucleares operan en huecos taladrados o desde la superficie del terreno. El aparato mide el peso de suelo húmedo por volumen unitario y también el peso del agua presente en un volumen unitario de suelo. El peso específico seco de suelo compactado se determina restando el peso del agua del peso específico húmedo del suelo.



FIGURA 3.21 Densímetro nuclear
(cortesía de David A. Carroll,
Austin, Texas).

**Fig. 6. Aparato Densímetro Nuclear.(ASTM
D 2922 y D 3017).**

7. Valores Típicos

Después de muchos ensayos realizados en suelos naturales se ha llegado a establecer unos rangos de valores característicos y se han agrupado como: arena y grava, arena, arcilla y suelos rojos tropicales.

Ver la siguiente tabla.

Valores Típicos de Densidad Natural

Material		Densidad Natural (k/m ³)	
		Densidad Volum.	Densidad Seca
Arena y grava	Muy suelta	1700 – 1800	1300 – 1400
	Suelta	1800 – 1900	1400 – 1500
	Medio densa	1900 - 2100	1500 – 1800
	Densa	2000 – 2200	1700 – 2000
	Muy densa	2200 - 2300	2000 - 2200
Arena	Pobremente gradada	1700 - 1900	1300 – 1500
	Bien gradada	1800 - 2300	1400 – 2200
	Mezcla arena bien gradada + grava	1900 - 2300	1500 - 2200
Arcilla	Lodo no consolidado	1600 – 1700	900 – 1100
	Blanda, agrietada	1700 – 1900	1100 – 1400
	Típica, norm. Cons.	1800 – 2200	1300 – 1900
	Morrena (sobrecons)	2000 - 2400	1700 - 2200
Suelos Rojos Tropicales		1700 - 2100	1300 - 1800

Foto 1. El técnico llena arena calibrada al recipiente para pesarlo y utilizarlo en el ensayo que se denomina “Densidad de Campo”. Se observa la balanza, el Cono metálico, la base, el recipiente de plástico y la arena calibrada que lo transporta en una bolsa.



Foto 2. La base metálica puesta en la superficie horizontal y se excava según el diámetro de la base. Se observa que el suelo es arena limosa, medio densa y se realiza el ensayo a 1.20 m.



Foto 3. La base y la cuchara. La pared interior es lo mas perfilada posible. Se ha extraído toda la muestra hasta la profundidad que especifica el diseño.



Foto 4. En la base se colocará el Cono y el recipiente con arena calibrada.



Foto 5. El técnico está pesando el material extraído de la capa que se está investigando para llevarlo al laboratorio y tomar muestra para el contenido de humedad.



Foto 6. El cono está sobre la base para que la válvula sea abierta, se llene el hueco y el Cono con arena calibrada.



Foto 7. El Cono y el recipiente está colocado sobre la base metálica.



Foto 8. El técnico está llenando la arena sobrante al recipiente para ser pesado.



Foto 9. Después de llenar el hueco se pesa la arena que sobra en la botella de plástico.



Foto 10. El técnico
está pesando la
arena sobrante.



ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO
Método del Cono de Arena (ASTM - D1556)

INFORME : LG01-159
SOLICITANTE : MTC - PRT - PERT
PROYECTO : Evaluación de la Carretera Corral Quemado - Río Nieva
UBICACION : Dpto. Amazonas
FECHA : Diciembre, 2001

IDENTIFICACION	D 20 - 1	D 20 - 2	D 20 - 3
Progresiva (Km)	259 + 000	259 + 000	259 + 000
Lado	Izquierdo	Izquierdo	Izquierdo
Tipo de capa	Base	Sub Base	Suelo Natural
Profundidad (m)	0.10 - 0.25	0.30 - 0.45	1.20 - 1.35

DENSIDAD			
Densidad de la arena (g/cm³)	1.34	1.34	1.34
Peso del frasco + arena (g)	11000	11000	11000
Peso del frasco + arena sobrante (g)	4585	4945	4756
Peso del cono de arena (g)	1658	1658	1658
Peso del suelo (g)	7666	5880	6445
Densidad húmeda (g/cm³)	2.16	1.79	1.88

HUMEDAD						
Peso de la tara (g)	14.67	14.76	13.17	14.75	15.89	12.40
Peso de la tara + suelo húmedo (g)	141.02	152.10	142.93	145.46	144.03	139.03
Peso de la tara + suelo seco (g)	136.70	147.11	132.20	134.73	136.05	131.35
Contenido de humedad (%)	3.5	3.8	9.0	8.9	6.6	6.5

RESULTADOS			
Contenido de humedad (%)	3.7	9.0	6.5
Densidad seca (g/cm³)	2.08	1.64	1.77

OBSERVACION : Los ensayos se realizaron a 0.40 m del borde del pavimento.

Bibliografía

- Bowles, Joseph E. (1981), “Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil. McGraw-Hill Book Company.
- Bowles, Joseph E. (1984), “Physical and Geotechnical Properties of Soils”. McGraw-Hill Book Company.
- Das, Braja M. (2001), “Fundamentos de Ingeniería Geotécnica”, Thomson Learning.
- Das, Braja M. (2001), “Principios de Ingeniería de Cimentaciones”, International Thomson Editores.
- Head, K. H. (1980), “Manual of Soil Laboratory Testing”, Volume 1, 2. Pentech Press London: Plymouth.
- JICA – TIATC (1988), Irrigation and Drainage Course, “Soil Test”
- Lambe, T. W. (1951), “Soil Testing for Engineers”, John Wiley and Son, New York.
- McCarthy, David F. (1988), “Essentials of soil Mechanics and Foundations: Basic Geotechnics”, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632.
- Universidad Nacional de Ingeniería – FIC (), “Laboratorio de Mecánica de Suelos”.
- Valle Rodas, Raúl (1982), “Carreteras, Calles y Aeropistas”, Editorial El Ateneo.
- Vivar Romero, Germán (1990-1991), “Diseño y Construcción de Pavimentos”, Ediciones CIP.