

ANEXO G

NORMAS DE INVIAS I.N.V. E – 128
ENSAYOS DE PESO ESPECÍFICO RELATIVO

**DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO
DE LOS SUELOS Y DEL LLENANTE MINERAL
I.N.V. E - 128**

1. OBJETO

1.1 Este método de ensayo se utiliza para determinar el peso específico de los suelos y del llenante mineral (filler) por medio de un picnómetro. Cuando el suelo está compuesto de partículas mayores que el tamiz de 2.38 mm (No.8), deberá seguirse el método de ensayo para determinar el Peso Específico y la Absorción del Agregado Grueso, Norma I.N.V E-223. Cuando el suelo está compuesto por partículas mayores y menores que el tamiz de 2.38 mm (No.8), se utilizará el método de ensayo correspondiente a cada porción (Normas I.N.V E-222 e I.N.V E-223). El valor del peso específico para el suelo será el promedio ponderado de los dos valores así obtenidos. Cuando el valor del peso específico sea utilizado en cálculos relacionados con la porción hidrométrica del Análisis Granulométrico de Suelos (Norma I.N.V E-124), debe determinarse el peso específico de la porción de suelo que pasa el tamiz de 2.00 mm (No.10) de acuerdo con el método que se describe en la presente Norma.

2. DEFINICIÓN

Peso específico.- Es la relación entre el peso en el aire de un cierto volumen de sólidos a una temperatura dada y el peso en el aire del mismo volumen de agua destilada, a la misma temperatura.

3. EQUIPO

3.1 Frasco volumétrico (Picnómetro), de 100 a 500 cm³ de capacidad.

3.2 Bomba de vacío, con tuberías y uniones, o en su defecto un mechero o un dispositivo para hervir el contenido del picnómetro.

3.3 Horno, capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ}\text{F}$).

3.4 Balanzas, una capacidad de 1200g y sensibilidad de 0.01g y otra con capacidad de 200g y sensibilidad de .001g.

3.5 Pipeta.

3.6 Termómetro graduado, con una escala de 0 a 50°C (32 a 122°F) y con precisión de 0.1°C (0.18°F).

3.7 Cápsula de evaporación.

3.8 Baño de agua (Baño maría).

3.9 Guantes de asbesto.

3.10 Tamices de 2.36 mm (No.8) y 4.75 mm (No.4).

4. CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO

El peso del picnómetro lleno de agua debe ser calibrado para varias temperaturas. El picnómetro con agua se calibra directamente dentro del intervalo de temperaturas que se espera encontrar en el laboratorio.

El proceso de calibración es el siguiente:

4.1 Llénese el picnómetro con agua destilada o desmineralizada, sin burbujas de aire, hasta una altura algo menor que la marca de calibración y colóquese al "Baño maría" hasta que se equilibre su temperatura con la del baño.

Sáquese el picnómetro del "Baño maría", ajústese con una pipeta el nivel del agua en el picnómetro de manera que la parte de abajo del menisco coincida con la marca de calibración en el cuello del picnómetro y remuévase el agua que se encuentre adherida en la parte interior del cuello por encima de la marca de calibración; luego, pésese el picnómetro con agua con una precisión de 0.01 g. Inmediatamente después de la pesada, agítese el picnómetro suavemente y determínese la temperatura del agua con una precisión de 0.1°C, introduciendo el termómetro hasta la mitad de la profundidad del picnómetro.

4.2 Repítase el procedimiento anterior aproximadamente a la misma temperatura. Luego, háganse dos determinaciones adicionales, una a la temperatura del laboratorio y otra a una temperatura aproximadamente 5°C (9°F) menor que la temperatura del laboratorio.

4.3 Dibújese una curva de calibración que muestre la relación entre las temperaturas y los pesos correspondientes del picnómetro más agua.

Prepárese la curva de calibración para cada picnómetro que se utilice en la determinación de los pesos específicos y consérvense esas curvas en el archivo. Una curva de calibración típica se muestra en la Figura No. 1.

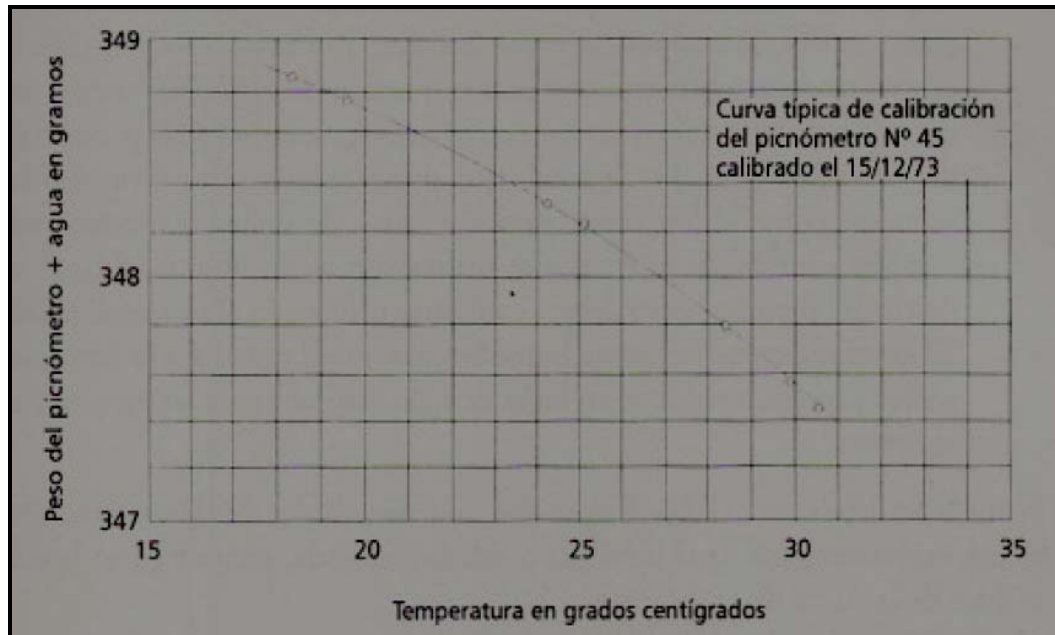


Figura 1. Curva típica de calibración del picnómetro.

Nota 1: No se debe utilizar la misma curva de calibración para todos los picnómetros de igual capacidad. Cada uno de los picnómetros, aún los de igual capacidad, tienen pesos diferentes; por lo tanto, deberán ser individualmente calibrados.

Si el picnómetro no está limpio, la curva de calibración no será válida, porque cambia su peso. También, si la parte interior del cuello del picnómetro no está limpia, se formará un menisco irregular.

Cuando se calibra el picnómetro para una temperatura menor que la del laboratorio, hay una tendencia a que se condense agua en la parte interior del picnómetro, aun cuando se haya tenido mucho cuidado en el secado y

la pesada se haya realizado rápidamente. Siempre que sea posible, la pesada debe hacerse a la misma temperatura a la cual está el picnómetro.

5. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

5.1 Debe tenerse especial cuidado en obtener muestras representativas para la determinación del peso específico de los sólidos. La muestra de suelo puede ensayarse a su humedad natural, o puede secarse al horno; sin embargo, algunos suelos, principalmente aquellos que tienen un alto contenido de materia orgánica, son muy difíciles de rehumedecer después de que se han secado al horno. Estos suelos pueden ser ensayados sin haberse secado previamente en el horno, en cuyo caso, el peso de la muestra seca se determina al final del ensayo.

5.2 Cuando la muestra contenga partículas de diámetros mayores y menores que la abertura del tamiz de 2.38 mm (No.8), la muestra debe ser separada por dicho tamiz y debe determinarse el peso específico de la fracción fina [pasante del tamiz de 2.38 mm (No.8)] y el peso específico aparente de la fracción gruesa. El valor del peso específico para la muestra total viene dado por la siguiente expresión:

$$G = \frac{100}{\frac{\% \text{ Pasante del No.8}}{G_s} + \frac{\% \text{ Retenido en el No.8}}{G_a}}$$

Donde:

G : Peso Específico Total

G_s : Peso Específico de los sólidos (Pasa tamiz No.8)

G_a : Peso específico aparente (Retenido en el tamiz No.8)

(Según Ensayo INV E-223)

- Cuando el valor del peso específico va a ser empleado en cálculos relacionados con el análisis granulométrico por hidrómetro (Ensayo INV E-124), el peso específico deberá determinarse para la fracción de suelo que va a ser usada en el análisis por hidrómetro o para otros fines (generalmente la porción pasante del tamiz No.200). En algunos casos, puede ser necesario el empleo de otros líquidos, como el Kerosene, para el análisis de suelos que contienen sales solubles en agua. Si el ensayo se realiza con algún líquido distinto al agua destilada, el picnómetro deberá calibrarse utilizando el mismo líquido.
- El Kerosene es mejor agente humedecedor que el agua para la mayoría de los suelos y puede emplearse en lugar de agua destilada para la muestras secadas al horno.

Nota 2: Se debe evitar el uso de agua que contenga sólidos disueltos. Es esencial que se use exclusivamente agua destilada o desmineralizada, para asegurar la continua validez de la curva de calibración.

6. PROCEDIMIENTO

6.1 Suelos con su humedad natural.- El procedimiento para determinar el peso específico de los suelos a su humedad natural deberá consistir de los siguientes pasos:

- Anótese en una planilla de datos toda la información concerniente a la muestra como : obra, No. de sondeo, No. de la muestra y cualquier

otro dato pertinente.

- Colóquese en la cápsula de evaporación una muestra representativa del suelo. La cantidad necesaria se escogerá de acuerdo con la capacidad del picnómetro.

Capacidad del picnómetro	Cantidad requerida aproximada
100 cm ³	25 - 35 g.
250 cm ³	55 - 65 g.
500 cm ³	120 - 130 g.

Empleando una espátula, mézclese el suelo con suficiente agua destilada o desmineralizada, hasta formar una masa pastosa; colóquese luego la mezcla en el picnómetro y llénese con agua destilada hasta aproximadamente la mitad del frasco.

- Para remover el aire atrapado, conéctese el picnómetro a la línea de vacío hasta obtener una presión absoluta dentro del frasco no mayor de 100 mm de mercurio. El tiempo de aplicación del vacío dependerá del tipo de suelo ensayado. Un esquema de un sistema elemental de aplicación de vacío aparece en la Figura No. 2.

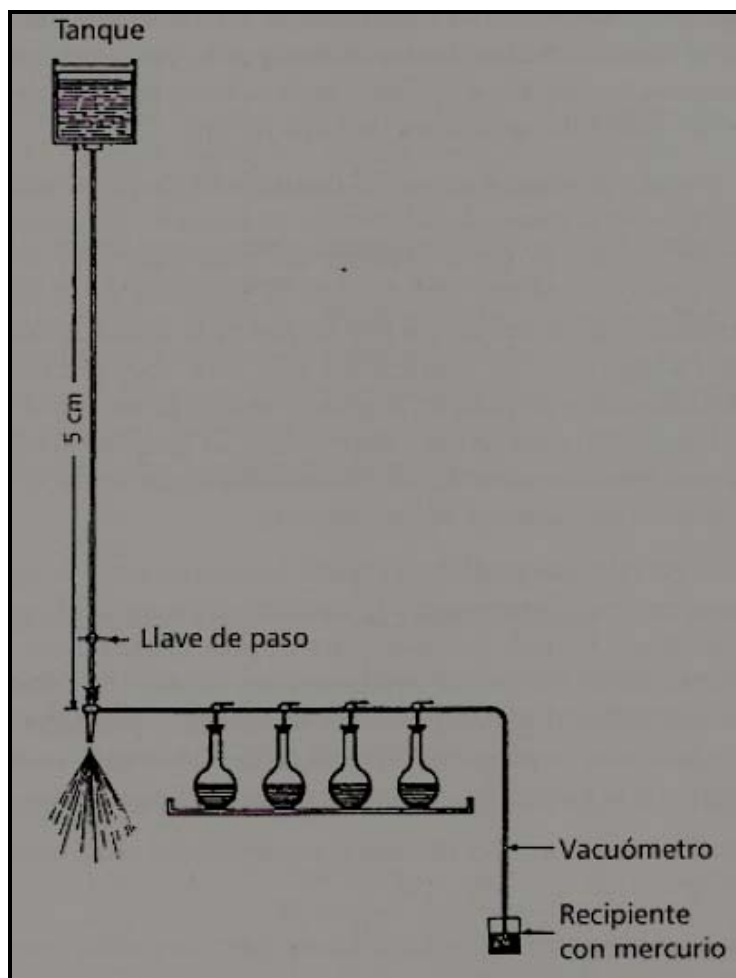


Figura 2. Sistema elemental de aplicación de vacío.

Como proceso alternativo, el aire atrapado puede ser removido calentando la suspensión levemente durante un período mínimo de 10 minutos, rotando ocasionalmente el picnómetro para facilitar la expulsión de aire. El proceso de calentamiento debe adelantarse con mucho cuidado, porque pueden ocurrir pérdidas de material. Las muestras que sean calentadas, deberán dejarse enfriar a la temperatura ambiente.

Nota 3: Algunos suelos hierven violentamente al someterlos a una presión de aire reducido. En esos casos, es necesario aplicar una reducción gradual de la presión o utilizar un frasco de mayor tamaño.

- Llénese el picnómetro con agua destilada y sin burbujas de aire, hasta 2 cm por debajo de la marca y aplíquese vacío nuevamente hasta que a la suspensión se le haya extraído la mayor parte del aire; remuévase con cuidado el tapón del picnómetro y obsérvese cuánto baja el nivel del agua en el cuello. Si la superficie de agua baja menos de 3 mm no es necesario seguir aplicando vacío. En el caso en que la superficie del agua baje más de 3 mm, se deberá seguir aplicando vacío hasta lograr esta condición.

Nota 4: La remoción incompleta del aire atrapado en la suspensión del suelo es la causa más importante de error en la determinación de pesos específicos y tenderá a bajar el peso específico calculado. Se deberá extraer completamente el aire de la suspensión aplicando vacío o calentando. La ausencia de aire atrapado debe ser verificada como se describió durante el ensayo. Es conveniente destacar que el aire disuelto en el agua no afectará los resultados; por lo tanto, no es necesario aplicar vacío al picnómetro cuando se calibra o se llena hasta la marca de calibración con agua destilada o desmineralizada sin burbujas de aire.

- Llénese el picnómetro con agua destilada hasta que el fondo del menisco coincida con la marca de calibración en el cuello del picnómetro. Séquese completamente la parte exterior del picnómetro y, usando un papel absorbente, remuévase con cuidado la humedad de la parte interior del picnómetro que se encuentra por encima de la marca de calibración. Pésese el picnómetro y su contenido con una aproximación de 0.01 g. Inmediatamente después de la pesada, agítese la suspensión hasta asegurar una temperatura uniforme y determínese la temperatura de la suspensión con una aproximación

de 0.1°C introduciendo un termómetro hasta la mitad de la profundidad del picnómetro.

Nota 5: Una gota de agua puede hacer que se cometa un error de aproximadamente 0.05 g. Este error puede ser minimizado tomando el promedio de varias lecturas a la misma temperatura. Cuando la suspensión sea opaca, una luz fuerte detrás del cuello del picnómetro puede ser de gran ayuda para ver la base del menisco.

Cuando se determina el peso específico y se calibra el picnómetro, debe tenerse extremo cuidado para asegurar que las medidas de temperatura sean representativas del picnómetro y su contenido, durante la realización de las pesadas.

- Transfírase con mucho cuidado el contenido del picnómetro a una cápsula de evaporación.

Enjuáguese el picnómetro con agua destilada, hasta asegurarse que toda la muestra ha sido removida de él. Introdúzcase la cápsula de evaporación con la muestra en un horno a $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($221 \pm 9^{\circ}\text{F}$), hasta peso constante. Sáquese la muestra seca del horno, déjese enfriar a la temperatura del laboratorio y determínese el peso del suelo seco con una aproximación de 0.01 g.

- Anótense todos los resultados en la planilla.

6.2 Suelos secados al horno.- El procedimiento para determinar el peso específico de los sólidos en suelos secados al horno, debe consistir de los siguientes pasos:

- Anótese en la planilla toda la información requerida para identificar la

muestra.

- Séquese el suelo al horno hasta obtener la condición de peso constante. El horno debe estar a una temperatura de $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($221 \pm 9^{\circ}\text{F}$). Sáquese la muestra del horno y déjese enfriar a la temperatura del laboratorio; debe protegerse contra una ganancia de humedad hasta que sea pesada. Selecciónese una muestra representativa; la cantidad requerida dependerá de la capacidad del picnómetro que se va a utilizar (véase la tabla del numeral 6.1.). Pésese la muestra con aproximación de 0.01 g. Después de pesado, transfírase el suelo al picnómetro teniendo mucho cuidado de no perder material durante la operación. Para evitar posibles pérdidas del material previamente pesado, la muestra puede ser pesada después de que se transfiera al picnómetro. Esta eventual pérdida bajará el valor del peso específico calculado.

Llénese el picnómetro hasta la mitad de su contenido con agua destilada sin burbujas de aire y déjese reposar la suspensión durante la noche.

Nota 6: El secado de ciertos suelos a 105°C (221°F), puede causar la pérdida del agua absorbida y de cristalización; en tales casos, el secado se hará a una temperatura de 60°C (140°F) y se recomienda aplicar una presión de vacío más baja.

- Extráigase el aire atrapado dentro de la suspensión del suelo en agua por uno de los dos métodos descritos en el numeral 6.1.
- Si la extracción de aire se realizó calentando la suspensión, déjese enfriar el picnómetro y su contenido durante la noche.

- Realícense los pasos subsiguientes del ensayo en la misma forma que los indicados para suelos a su humedad natural.
- Anótense todos los datos en la planilla.

7. CÁLCULOS

Las siguientes cantidades se obtienen por pesada directa.

- Peso del picnómetro + agua + sólidos a la temperatura del ensayo = W_1 (g).
- Peso de la tara + suelo seco (g). El peso de la tara debe ser restado de este valor para obtener el peso del suelo seco, W_0 .

El peso específico de los sólidos se calcula con dos decimales, mediante la siguiente fórmula:

$$G_s = \frac{W_0 \times K}{W_0 + W_2 - W_1}$$

Donde:

K = Factor de corrección basado en el peso específico del agua a 20°C (ver Tabla No. 1).

W_2 = Peso del picnómetro más agua a la temperatura del ensayo, en gramos (obtenido de la curva de calibración como se indica en la Figura No.1).

W_0 = Peso del suelo seco (g).

W_1 = Peso del picnómetro + agua + suelo (g).

8. CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS

AASHTO T 100

MOP E-110

Tabla 1

Peso específico (G) del agua y factor de corrección (K)

Para temperaturas entre 18 °C y 32.9 °C.

Temp.	G	K	Temp.	G	K	Temp.	G	K
18.0	0.99862	1.0004	19.0	0.99843	1.0002	20.0	0.99823	1.0000
.1	60	4	.1	41	2	.1	21	0
.2	58	4	.2	39	2	.2	19	0
.3	56	3	.3	37	1	.3	17	09999
.4	54	3	.4	35	1	.4	15	9
.5	52	3	.5	33	1	.5	13	9
.6	50	3	.6	31	1	.6	10	9
.7	49	3	.7	29	1	.7	08	8
.8	47	2	.8	27	0	.8	06	8
.9	45	2	.9	25	0	.9	04	8
21.0	0.99802	0.9998	22.0	0.99780	0.9996	23.0	0.99756	0.9993
.1	00	8	.1	78	6	.1	54	3
.2	798	8	.2	75	5	.2	51	3
.3	96	7	.3	73	5	.3	49	3
.4	93	7	.4	70	5	.4	46	2
.5	91	7	.5	68	5	.5	44	2
.6	89	7	.6	65	4	.6	42	2
.7	87	6	.7	63	4	.7	39	2
.8	85	6	.8	60	4	.8	37	1
.9	83	6	.9	58	4	.9	34	1
24.0	0.99732	0.9991	25.0	0.99707	0.9988	26.0	0.99681	0.9986
.1	29	1	.1	04	8	.1	78	6
.2	27	0	.2	02	8	.2	76	5
.3	24	0	.3	699	8	.3	73	5
.4	22	0	.4	97	7	.4	70	5
.5	20	0	.5	94	7	.5	68	4
.6	17	89	.6	91	7	.6	65	4
.7	14	9	.7	89	7	.7	63	4
.8	12	9	.8	87	6	.8	60	4
.9	09	9	.9	84	6	.9	57	3
27.0	0.99654	0.9983	28.0	0.99626	0.9988	29.0	0.99597	0.9977
.1	51	3	.1	23	0	.1	94	7
.2	48	2	.2	20	0	.2	91	7
.3	46	2	.3	17	0	.3	88	6
.4	43	2	.4	14	79	.4	85	6
.5	40	2	.5	11	9	.5	82	6
.6	37	1	.6	08	9	.6	79	6
.7	34	1	.7	06	8	.7	76	5
.8	32	1	.8	03	8	.8	73	5
.9	29	1	.9	00	8	.9	70	5
30.0	0.99567	0.9974	31.0	0.99537	0.9971	32.0	0.99505	0.9968
.1	64	4	.1	33	1	.1	02	8
.2	61	4	.2	30	1	.2	499	8
.3	58	3	.3	27	0	.3	96	7
.4	55	3	.4	24	0	.4	93	7
.5	52	3	.5	21	0	.5	90	7
.6	49	3	.6	18	69	.6	86	6
.7	46	2	.7	15	9	.7	83	6
.8	43	2	.8	12	9	.8	80	6
.9	40	2	.9	09	9	.9	77	5

Nota: En esta tabla el peso específico del agua está basado en que la densidad del agua a 4 °C es igual a 1g/cm³.

El factor de corrección K, se obtiene dividiendo el peso específico del agua a la temperatura considerada, por el peso específico del agua a 20 °C.