

Tabla No. 1. Características de métodos de pruebas de laboratorio

ESPECIFICACIONES: ESTÁNDAR	MODIFICADA
Capacidad del molde: 0.94 Lts.	0.94 Lts
Diámetro 10.20 Cm.	10.20 Cm.
Altura: 11.70 Cm.	11.70 Cm.
Extensión Desmontable: Diámetro 10.20 Cm.	10.20 Cm.
Altura: 5.00 Cm.	5.00 Cm.
Número de Golpes / capa: 25.00	25.00
Diámetro del Vástago: 5.00 Cm.	5.00 Cm.
Número de capas: 5.00	3.00
Peso del Pisón: 4.50 Kg.	2.50 Kg.
Altura de caída: 45.70 Cm.	30.5 Cm.
Energía de Compactación: 27.34 Kg-Cm/Cm ³	6.00Kg-Cm/Cm ³

La determinación de los pesos volumétricos secos proctor estándar y modificada se determina mediante las pruebas de compactaciones A.A.S.H.O (American Association State Of. Higway official) estándar y modificada. La principal aplicación de esta prueba es la conversión de pesos del material a volúmenes.

4. MÉTODOS PARA DETERMINAR EL PESO VOLUMÉTRICO O MASA VOLUMÉTRICA

Objetivo Explicar la metodología para la determinación de las pruebas de compactación de los suelos, a través de las masas volumétricas (peso volumétrico) de los suelos del lugar.

Alcance. El alcance de este procedimiento es con los siguientes métodos: **método del cono y arena**, **Método del volumen directo conocido en el lugar (método de probeta)** y **pesos directos, método de trompa y arena (Fig. No. 3).**

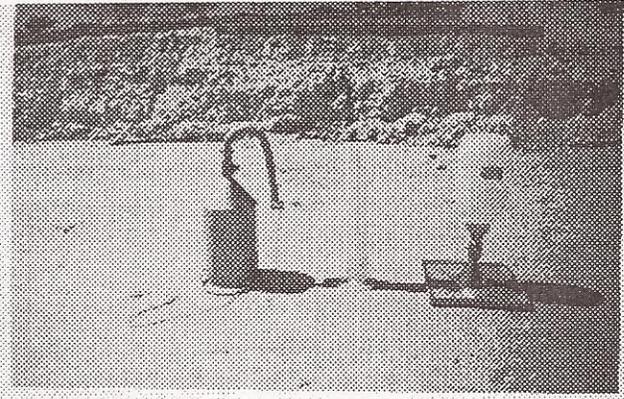


Fig. No. 3. Se ilustran los equipos para poder determinar los pesos volumétricos, con los métodos antes mencionados.

Masa volumétrica del suelo en estado natural: El acomodo que tienen sus partículas es consecuencia de un proceso de la naturaleza. Esta masa volumétrica es la que corresponde a la condición que tienen los materiales en los bancos en su estado original y en general, es el que se refiere al terreno natural sin haber sido removido.

Masa volumétrica del suelo en estado suelto: Es cuando su estructura natural ha sido alterada por algún proceso mecánico como la extracción, disgregación, cribado, trituración, etc. Y que se ha depositado o almacenado sin someterlo a ningún tratamiento especial de compactación. Esta masa volumétrica es variable para un mismo material de acuerdo con el acomodo que adopten sus partículas sólidas, dependiendo de diversos factores, tales como el sistema de carga, el medio de transporte, tipo y altura de almacenamiento, etc. Para que la masa volumétrica de un material suelto sea representativa, deberá determinarse en las condiciones reales de trabajo o de almacenamiento.

Masa volumétrica del suelo en estado compacto: Se refiere a que las partículas sólidas que lo constituyen han adquirido un cierto acomodo por algún procedimiento de compactación. En este caso

Suelo

Zona Casagrande
cabulter de W=3

se representan dos posibilidades, siendo una de ellas la que toma en cuenta la totalidad de las partículas del material y la otra, que considera la fracción del material que pasa por determinada malla. La primera se aplica generalmente para el calculo de coeficiente de variación volumétrica y la segunda para la obtención del por ciento de compactación.

la trompa y arena, aceptó que la medición del volumen del sondeo con arena graduada de masa volumétrica previamente determinada, se hace utilizando un dispositivo constituido esencialmente por conos metálicos que se ajustan a un frasco de material transparente (Fig. No. 4).

REFERENCIAS

- NMX-J-01- "Muestreo e identificación de muestras."
- NMX-J-02- "Preparación de muestras."
- NMX-J-03- "Determinación de los coeficientes de variación volumétrica de materiales".
- NMX-J-14- "Determinación de la humedad o contenido de agua"
- NMX-J-05 "Masas volumétricas secas máximas"
- NMX-J-06 "Densidad de sólidos o densidad relativa de suelos"
- NMX-C-30
- NMX-C-170
- NMX-C-231

Material y equipo

- Básculas
- Dispositivo Trompa de elefante con recipiente de forma cilíndrica.
- Dispositivo o aparato de cono con recipiente de forma cilíndrica.
- Tara para masa volumétrica suelta
- Charolas metálicas y cucharón
- Barreta de acero
- Palas, marro, cincel, picos, nivel de burbuja de 50 cm de longitud, espátulas, cuchara de albañil, reglas metálicas de 50 cm y escantillones.
- Arena limpia y seca, previamente cribada por la malla No 16 y 30.

Método del cono y arena:

Este método se aplica principalmente a suelos que pasan la malla 38.1 Mm. tanto en su estado natural como en su estado compactado, sirve para obtener los grados de compactación de los materiales que forman las tercerías y los coeficientes de variación volumétrica. Es un procedimiento semejante al de

Procedimiento:

Determinar la capa en la que se efectuara la prueba, localizar una porción plana y limpiar perfectamente la superficie para librar de partículas sueltas.

Ayudados de la base con que consta el equipo, se delimita la sección del sondeo, a continuación se procede con la excavación a la profundidad requerida, el material extraído se coloca en un recipiente, se le determina su masa y se toma una porción del material para la prueba de humedad de acuerdo con PS-04.

Llenar con arena el dispositivo, colocarle el cono en la boca y se cierra la válvula.

Pesar el dispositivo conteniendo la arena y anotar en formato.

Teniendo la base colocada en el sondeo se invierte el dispositivo y se abre la válvula para depositar la arena, cerrándola completamente hasta que el flujo de arena se detenga, quedando lleno el sondeo y el cono mayor.

Se pesa el dispositivo con la arena sobrante y se registra en formato.

El volumen del sondeo se calcula con la siguiente formula:

Volumen del sondeo

$$V_m = \frac{(W_{sf} - W_{fsr}) - W_{sc}}{P_{sd}} \times 1000$$

Donde:

V_m = Volumen del sondeo.

W_{sf} = Masa del dispositivo con arena.

W_{fsr} = Masa del dispositivo con arena remanente.

W_{sc} = Masa del dispositivo con el cono de arena.

p_{sd} = Masa volumétrica de la arena.

(10-1)
[10-1] - (25/2)
(10-1) - [1 + 25/2]
- 10 - 12.5
- 22.5
- 22.5

Se calcula la masa volumétrica del material húmedo y seco en el lugar con la siguiente fórmula:

$$\rho_{mc} = \frac{W_m}{V_m} \times 1000$$

$$\rho_{ca} = \frac{\rho_{mc}(100)}{(100 + w)}$$

Donde:

- ρ_{mc} = Masa volumétrica húmeda
- W_m = Masa del material extraído
- V_m = Volumen de la prueba.
- ρ_{ca} = Masa volumétrica seca, método cono y arena
- W = Contenido de agua en %

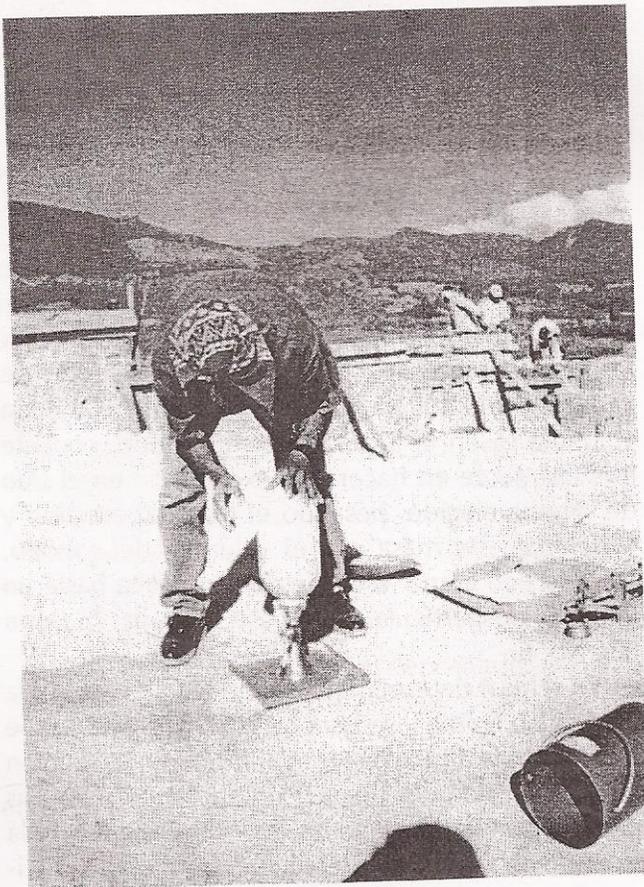


Fig. No. 4. Método del cono y arena

Método del volumen directo conocido en el lugar (método de la probeta): Este método no se recomienda emplearse para fines de grado de compactación, sin embargo es una alternativa que se puede presentar en pruebas de mecánica de suelos donde no exista otro método que emplear. Se puede obtener la masa volumétrica de los diversos suelos, aun contando con fragmentos pequeños de roca, en estado natural, cuando el material presenta ciertas dificultades para labrar una muestra inalterada que permita realizar (la obtención de la masa volumétrica (peso volumétrico) de muestras inalteradas, extraídas en suelos finos utilizados en tercerías, que pueda labrarse sin que se disgreguen y cuyas partículas tengan un tamaño máximo inferior a la malla 4,75mm.). Así como en materiales previamente compactados, la determinación de la masa volumétrica del volumen conocido en el lugar, consiste en hacer una excavación en el sitio de prueba elegido, determinar y registrar la masa del material extraído en estado húmedo y relacionarlo con el volumen de la excavación determinado con arena y otro material con ayuda de una probeta graduada (fig. No. 5).

En el lugar determinado donde se va a ejecutar la prueba, se limpia y se libra de partículas sueltas. Se procede con la excavación dentro de la sección marcada, cuidando de no compactar o alterar las paredes con la herramienta. El tamaño de la excavación estará definido en la obtención de una cantidad lo más representativa posible o quedando a criterio del laboratorista. El material extraído se coloca en un recipiente, se le determina su masa y se toma una porción del material para la prueba de humedad de acuerdo con PS-04. En otro recipiente colocar las partículas mayores de 25.4 mm que serán regresadas a la excavación al momento de determinar el volumen. Llenar la probeta con arena que ya ha sido limpiada y cribada por las mallas, girando y regresándola a su posición con la finalidad de evitar que la arena se compacte y no se formen oquedades en toda la probeta, repitiendo este proceso varias veces hasta ya estar seguros que la arena quedó bien colocada. Se anota el volumen. Se vacía la arena contenida en la probeta en la excavación, manteniendo una altura de diferencia de 100 mm, al mismo momento de ir agregando las partículas mayores de 25.4 mm que se separaron previamente cuidando de no compactar la arena.

Al terminar de llenar el sondeo se enraza cuidadosamente con una regla. La arena sobrante se regresa a su posición evitando la más posible de no compactar, registrando este volumen final, la diferencia de volumen inicial menos volumen final es anotada en formato.

Anotar en formato el peso volumétrico máximo y contenido de agua máxima obtenida en laboratorio.

El volumen del sondeo se calcula con la siguiente fórmula

$$V_m = (V_i - V_f)$$

Donde:

V_m = Volumen del sondeo.

V_i = Volumen de arena inicial depositado

V_r = Volumen de arena remanente.

Se calcula la masa volumétrica del material húmedo y seco en el lugar con la siguiente fórmula:

$$\rho_{mc} = \frac{W_m}{V_m} \times 1000$$

$$\rho_{ca} = \frac{\rho_{mc}(100)}{(100 + w)}$$

Donde:

ρ_{mc} = Masa volumétrica húmeda

W_m = Masa del material extraído

V_m = Volumen de la prueba.

ρ_{ca} = Masa volumétrica seca, método de la probeta.

W = Contenido de agua en %



Fig. No. 5. Determinación de la compactación por el método de la probeta.

Método de Trompa y Arena. Este método se efectúa en los materiales tanto en estado natural como en estado compactado y sirve para obtener los grados de compactación y los coeficientes de variación volumétrica. La determinación de la masa volumétrica en el lugar por este método, consiste esencialmente en hacer una excavación en el sitio de prueba elegido, pesando el material extraído y relacionar esta masa con el volumen del sondeo, medido con arena. Este método se aplica hasta un máximo de partícula que pase la malla 75.0mm (Fig.No. 6).

En el lugar determinado donde se va a ejecutar la prueba, se limpia y se libra de partículas sueltas. Se procede con la excavación dentro de la sección marcada, cuidando de no compactar o alterar las paredes con la herramienta. Las dimensiones de la excavación se definirá de acuerdo al tamaño máximo de agregado y espesor de la capa y el volumen mínimo estará de acuerdo con la siguiente tabla.

Tamaño máximo del material pasa criba No	Volumen del sondeo de prueba no menor de cm ³	Muestra mínima para humedad
4.75	3000	100
2.5	3000	250
25.0	3500	500
50.0	3500	1000
75.0	4000	1000

V_m = Volumen del sondeo.

W_{si} = Masa de arena inicial depositado

W_{sf} = Masa de arena remanente.

Pesar una cantidad de material arena cribada por las mallas no lo suficiente para llenar a la excavación y sobre. Se anota en el formato, alimentar con esta arena el dispositivo mantenimiento el tubo flexible recogido para evitar la salida del material. Se introduce la trompa en el sondeo y se vacía la arena de acuerdo a lo antes mencionado y repitiendo el procedimiento varias veces hasta llenar el sondeo, se determina la masa final y por diferencias de masas se obtiene el volumen total. Se anota en formato. El volumen del sondeo se calcula con la siguiente formula:

$$V_m = \frac{(W_{si} - W_{sf})}{\rho_{sd}} \times 1000 = \frac{W_s}{\rho_{sd}} \times 100$$

Donde:

V_m = Volumen del sondeo

W_{si} = Masa de arena inicial depositado

W_{sf} = Masa de arena remanente

Se calcula la masa volumétrica del material seco en el lugar con la siguiente formula:

$$\rho_{ta} = \frac{\rho_{mt}}{(100 + w)} \times 1000$$

Donde:

ρ_{ta} = Masa volumétrica del material en estado seco en el lugar

ρ_{mt} = Masa volumétrica del material húmedo en el lugar

W = Contenido de agua en %

Determinación del grado de compactación.

Se obtiene la masa volumétrica seca máxima de acuerdo con PS-03. Se calcula el grado de compactación del material con la formula siguiente:

$$G_c = \frac{\rho_d \times 100}{(\rho_d \text{ max})}$$

En donde:

G_c = Grado de compactación del material en %

ρ_d = masa volumétrica del material en estado seco del lugar

ρ_{dmax} = obtenido según PS-03



Fig. No. 6. Método de trompa y arena.

5. MÉTODOS ESTADÍSTICOS COMPARATIVOS

En este párrafo se trata de dar los fundamentos teóricos del control estadístico de la calidad de la construcción.

Todos los datos que se obtienen de observaciones repetidas o de pruebas de laboratorio o campo están sujetos a variaciones formadas con base a una serie de pruebas realizadas en campo. Por ejemplificar de alguna manera una discusión que es en realidad general y podría hacerse en torno a cualquier acumulación numerosa de datos de observaciones de un cierto parámetro, obtenidas haciendo repetidas de él, por cualquier método, muestra la forma típica, en que tales variaciones, pueden representarse y disponerse.

La primera medida que se ocurre para tener un valor general, representativo, pero único, de tal conjunto de datos es un promedio de ellos obtenido dividiendo la suma total de todos los valores del grado de compactación entre el número de pruebas realizadas. (promedio aritmético). Sin embargo, una segunda mirada al problema hará ver que el simple promedio aritmético no basta, pues no indica nada sobre cuanto difieren los datos del promedio, obtenido ni de la frecuencia con la que se presenta cada dato.

Resulta fundamental en las aplicaciones poder evaluar el grado de dispersión de los datos respecto al promedio. Una idea tosca de esta medida, se tendría por la simple diferencia entre el dato más alto y el más bajo, pero tal medida haría a un lado la idea de distribución, que es fundamental.

Se define como la desviación estándar de la curva de distribución normal ó, ala expresión.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}}$$

Donde, x representa el valor de un dato cualquiera y, \bar{x} el promedio de todos los datos:

$x - \bar{x}$ será entonces la desviación de un dato respecto a la media.

En la expresión se considera el cuadrado de las desviaciones para eliminar la influencia del signo, pues unas pueden ser en más y otras en menos. Al dividir la suma de todas las desviaciones entre el número de ellas, se tiene lo que podría considerarse una media de las variaciones.

Método de la varianza y de la desviación estándar por el método de la desviación media con observaciones no agrupadas.

La varianza y la desviación estándar de una serie de puntuaciones se calcula a través de las fórmulas siguientes:

$$\text{Varianza} = s^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N}$$

$$\text{Desviación estándar} = s = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N}}$$

O bien

$$\text{Varianza} = \hat{S}^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N - 1}$$

$$\text{Desviación estándar} = \hat{S} = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

Note dos cosas en las formulas anteriores: Primero la diferencia entre s y \hat{S} está en el denominador; N para s , y $N - 1$ para \hat{S} . Segundo, la diferencia entre la varianza y la desviación estándar es la raíz cuadrada de la varianza.

DISTRIBUCIÓN NORMAL

Sin lugar a duda, el modelo de mayor uso de todas las distribuciones continuas es la distribución normal o Gaussiana (atribuida a C.F. Gauss, quien primero hizo referencia a ella en 1809 en relación con la teoría de los errores de medidas físicas; sin embargo, ya había sido descubierta por De Moivre en 1733 como la forma limitante a la binomial. También fue conocida por Laplace en 1774, pero por error histórico ha sido delimitada a Gauss). Esta distribución no solo sirve como distribución modelo de muchos problemas prácticos de la vida real sino que también es utilizada en muchas investigaciones teóricas.

La distribución normal es la distribución continua más importante por las siguientes razones

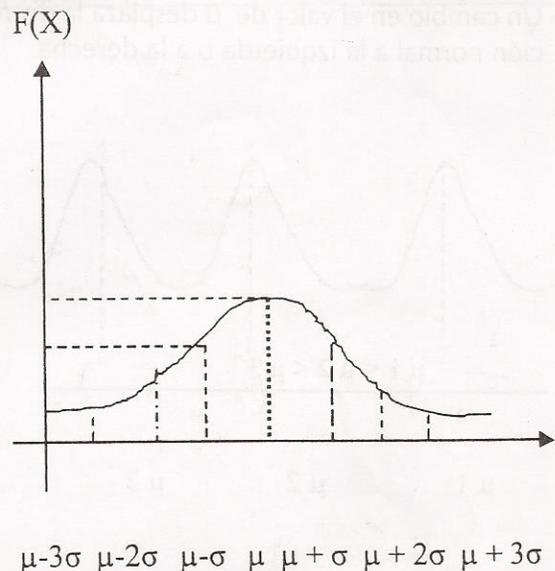
1. Muchas variables aleatorias que aparecen en relación con experimentos u observaciones prácticas están distribuidas normalmente.
2. Otras variables están distribuidas normalmente en forma aproximada.
3. Algunas veces una variable no está distribuida normalmente, ni siquiera en forma aproximada, pero se puede convertir en una variable con distribución normal por medio de una transformación sencilla.
4. Ciertas distribuciones se pueden aproximar mediante la distribución normal (como el caso de las distribuciones binomial y de Poisson).
5. En estadística teórica, muchos problemas pueden ser resueltos fácilmente en el supuesto de una población normal. En el trabajo aplicado, encontramos que métodos elaborados según la ley de probabilidades normal dan resultados satisfactorios, aunque no se cumpla totalmente el supuesto de una población normal.
6. Ciertas variables que son básicas para justificar pruebas estadísticas están distribuidas normalmente.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x-\mu}{\sigma} \right)^2}, -\infty < x < \infty$$

Donde μ y σ son, respectivamente, la media y la desviación estándar de la variable aleatoria normal general x .

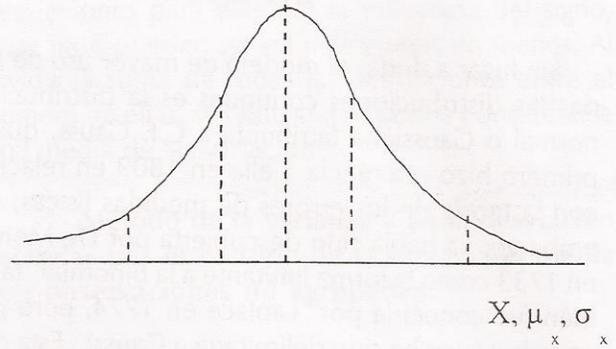
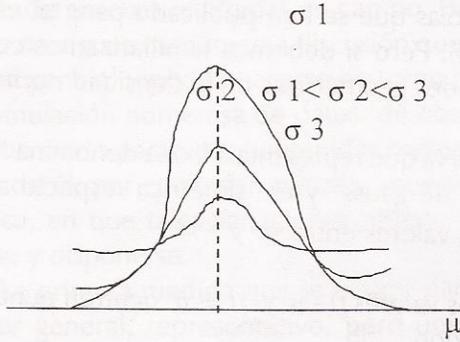
Esta fórmula aparentemente tan complicada, especialmente si deseamos calcular densidades y probabilidades con ella, puesto que su función de distribución acumulada es una integral que no se puede evaluar por métodos elementales, no nos debe preocupar porque se puede calcular fácilmente usando las tablas que se han publicado para tal efecto (tabla A-4). Pero si debemos familiarizarnos con las propiedades geométricas de la densidad normal.

1. La curva que representa a $f(x)$ se denomina "campana de gauss" y es simétrica respecto a μ , x toma valores entre $-\infty$ y $+\infty$.
2. En los valores $\mu - \sigma$ y $\mu + \sigma$ ocurren puntos de inflexión.
3. El área total bajo la curva es 1.
 $P(\mu - \sigma < x < \mu + \sigma) = 0.68$
 $P(\mu - 2\sigma < x < \mu + 2\sigma) = 0.955$
 $P(\mu - 3\sigma < x < \mu + 3\sigma) = 0.997$



Prácticamente casi toda el área bajo la curva se localiza entre $\mu - 3\sigma$ y $\mu + 3\sigma$.

- 4.- La curva es asintótica en el eje x.
- 5.- Como el exponente $-1/2 (x - \mu / \sigma)^2$ de e es negativo, cuanto mayor es la desviación de x con relación a μ tanto menor es la densidad de probabilidad de x, f(x).

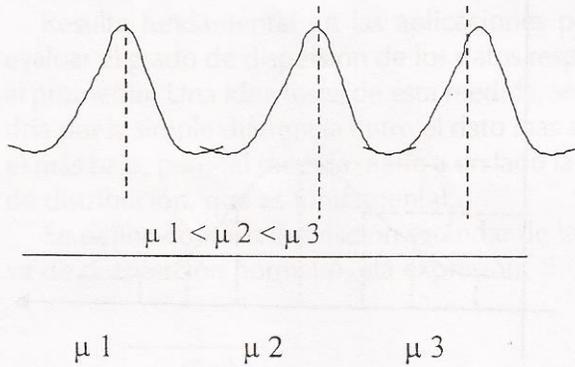


$$\mu_x - 2\sigma_x \quad \mu_x - \sigma_x \quad \mu_x \quad \mu_x + \sigma_x \quad \mu_x + 2\sigma_x$$

		$x, \mu = 100, \sigma = 15$	
70	85	$100^x \quad 115^x$	130

	$x, \mu = 50, \sigma = 10$			
	30^x	40	50	60
	$Z, \mu = 0, \sigma = 1$			
	-2	-1	0	1
				2

- 6.- Un cambio en el valor de μ desplaza la distribución normal a la izquierda o a la derecha.



- 7.- Realmente no existe la distribución normal sino infinitas distribuciones normales, para cada pareja de valores de μ y de σ existe una distribución normal; pero se puede establecer una relación entre ellas.

DISTRIBUCIÓN t DE STUDENT:

La distribución t de student fue introducida por W. S. Gosset, quién hizo publicaciones bajo el pseudónimo de "Student" en 1908.

La distribución de la variable aleatoria

$$T = \frac{X}{\sqrt{v} r}$$

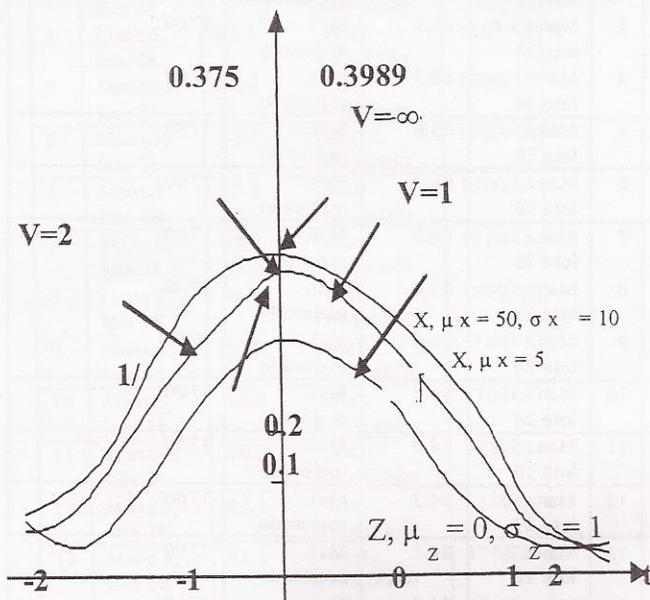
Bajo la hipótesis de que v es un entero positivo llamado grados de libertad de la distribución t, X y Y. Son variables aleatorias independientes de las cuales x es normal con media 0 y varianza 1, y Y tiene una distribución Ji - cuadrada con v grados de libertad.

La distribución t tiene densidad

$$T = \frac{r^{(v+1/2)}}{v v r (v/2)} \left(1 + \frac{t^2}{v}\right)^{-1/2(v+1)}$$

Su función de distribución acumulada es:

$$F(t) = \frac{r(v+1/2)}{Vvr(v/2)} \int_{-\infty}^t \frac{du}{(1+t^2/v)^{1/2(v+1)}}$$



Densidad de la distribución t

Para v = 1 y 2, la distribución t no tiene varianza.
Para v = 3, 4,....., la varianza e

$$\sigma^2 = \frac{v}{v-2} \quad x, \mu_x = 50, \sigma_x = 10 \quad x, \mu_x = 50, \sigma_x = 10$$

Cuando v aumenta, función de distribución acumulada de la distribución t tiende a la función de distribución de la distribución normal estándar.

6. VARIACIÓN DE LOS MÉTODOS UTILIZADOS

Para la realización de la comparativa de los métodos para determinar pesos volumétricos o masas volumétricas se presentan las tablas con valores reales de pruebas realizadas a una obra en construcción de plataformas para viviendas (compactaciones o suelos compactos). Los resultados de los métodos se presentan a continuación:

Método del cono y arena

	Ubicación	%comp.	descripción	máximo	Humedad opt.
1	Manz.5, lote 35	87.4	Mat.caliche.	1700	
2	Manz.5, lote 35	85.4	Mat. mejorado	1700	
3	Manz.5, lote 34	88.1	Mat. mejorado	1700	
4	Manz.5, lote 34	86.5	Mat. mejorado	1700	
5	Manz.5, lote 26	87.4	Mat. mejorado	1700	
6	Manz.5, lote 26	84.9	Mat. mejorado	1700	
7	Manz.5, lote 25	85.2	Mat. mejorado	1700	
8	Manz.5, lote 25	86.7	Mat. mejorado	1700	
9	Manz.5, lote 24	87.0	Mat. mejorado	1700	
10	Manz.5, lote 24	83.4	Mat. mejorado	1700	
11	Manz.5, lote 29	86.3	Mat. mejorado	1700	
12	Manz.5, lote 29	88.4	Mat. mejorado	1700	
13	Manz.5, lote 28	84.6	Mat. mejorado	1700	
14	Manz.5, lote 28	85.9	Mat. mejorado	1700	
15	Manz.5, lote 27	87.1	Mat. mejorado	1700	

Método de la probeta

	ubicación	%comp.	descripción	máximo	Humedad opt.
1	Manz.5, lote 35	82.7	Mat.caliche	1700	
2	Manz.5, lote 35	84	Mat. mejorado	1700	
3	Manz.5, lote 34	78.8	Mat. mejorado	1700	
4	Manz.5, lote 34	79.2	Mat. mejorado	1700	
5	Manz.5, lote 26	81.4	Mat. mejorado	1700	
6	Manz.5, lote 26	83.2	Mat. mejorado	1700	
7	Manz.5, lote 25	80.4	Mat. mejorado	1700	
8	Manz.5, lote 25	82.4	Mat. mejorado	1700	
9	Manz.5, lote 24	83.3	Mat. mejorado	1700	
10	Manz.5, lote 24	82.3	Mat. mejorado	1700	
11	Manz.5, lote 29	80.8	Mat. mejorado	1700	
12	Manz.5, lote 29	81.7	Mat. mejorado	1700	
13	Manz.5, lote 28	79.8	Mat. mejorado	1700	
14	Manz.5, lote 28	80.4	Mat. mejorado	1700	
15	Manz.5, lote 27	82.5	Mat. mejorado	1700	

Método de los pesos directos

	Ubicación	%comp.	descripción	máximo	Humedad opt.
1	Manz.5, lote 35	85.8	Mat. mejorado	1700	
2	Manz.5, lote 35	87.4	Mat. mejorado	1700	
3	Manz.5, lote 34	89.1	Mat. mejorado	1700	
4	Manz.5, lote 34	88.5	Mat. mejorado	1700	
5	Manz.5, lote 26	85.0	Mat. mejorado	1700	
6	Manz.5, lote 26	86.2	Mat. mejorado	1700	
7	Manz.5, lote 25	84.8	Mat. mejorado	1700	
8	Manz.5, lote 25	85.6	Mat. mejorado	1700	
9	Manz.5, lote 24	86.6	Mat. mejorado	1700	
10	Manz.5, lote 24	86.2	Mat. mejorado	1700	
11	Manz.5, lote 29	84.0	Mat. mejorado	1700	
12	Manz.5, lote 29	84.3	Mat. mejorado	1700	
13	Manz.5, lote 28	84.1	Mat. mejorado	1700	
14	Manz.5, lote 28	84.8	Mat. mejorado	1700	
15	Manz.5, lote 27	85.2	Mat. mejorado	1700	

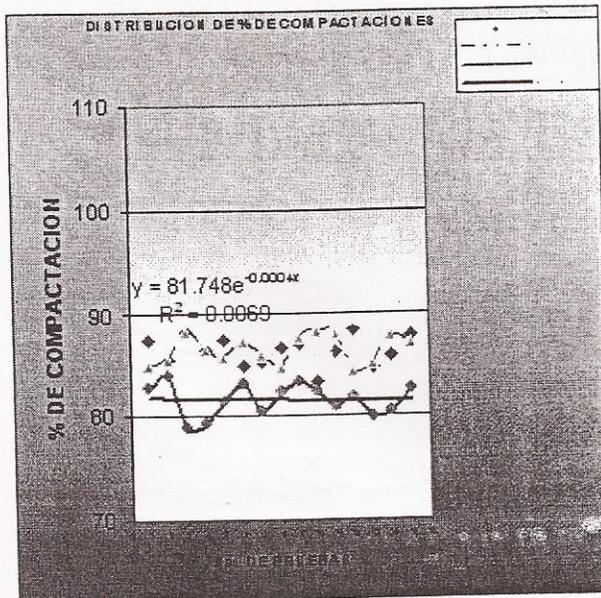
Método de la trompa y arena

	Ubicación	% comp.	descripción	máximo	Humedad opt.
1	Manz.5, lote 35	84.8	Mat. mejorado	1700	
2	Manz.5, lote 35	85.4	Mat. mejorado	1700	
3	Manz.5, lote 34	88.1	Mat. mejorado	1700	
4	Manz.5, lote 34	86.5	Mat. mejorado	1700	
5	Manz.5, lote 26	85.7	Mat. mejorado	1700	
6	Manz.5, lote 26	87.2	Mat. mejorado	1700	
7	Manz.5, lote 25	85.8	Mat. mejorado	1700	
8	Manz.5, lote 25	84.6	Mat. mejorado	1700	
9	Manz.5, lote 24	87.6	Mat. mejorado	1700	
10	Manz.5, lote 24	88.2	Mat. mejorado	1700	
11	Manz.5, lote 29	88.0	Mat. mejorado	1700	
12	Manz.5, lote 29	84.3	Mat. mejorado	1700	
13	Manz.5, lote 28	85.1	Mat. mejorado	1700	
14	Manz.5, lote 28	87.8	Mat. mejorado	1700	
15	Manz.5, lote 27	87.2	Mat. mejorado	1700	

No PROBETA y PESOS

PRUEBA	DIRECTOS		TROMPA CONO	
1	82.7	85.8	84.8	87.4
2	84	87.4	85.4	85.4
3	78.8	89.1	88.1	88.1
4	79.2	88.5	86.5	86.5
5	81.4	85.0	85.7	87.4
6	83.2	86.2	87.2	84.8
7	80.4	84.8	85.8	85.2
8	82.4	85.6	84.6	86.7
9	83.3	86.6	87.6	87
10	82.3	86.2	88.2	83.4
11	80.8	84.0	88.0	86.3
12	81.7	84.3	84.3	88.4
13	79.8	84.1	85.1	84.6
14	80.4	84.8	87.8	85.9
15	82.5	85.2	87.2	87.7

Desv. estándar	1.57	1.40	1.38	1.43
	34.69	27.80	26.85	28.44
	81.78	92.50	99.20	86.58
Máx. valor	84	88.00	88.2	88.4
	81.7	86.00	86.5	86.5
Min. valor	78.8	84.00	84.3	83.4
Moda	80.4	86.50	87.2	87.4
Promedio	82	85.50	86	86
Tendencia	82	85	86	87



TIPO DE MATERIAL = arcilla lutita

7.- CONCLUSIONES

Con esta investigación se pretende dar a conocer la variabilidad que existe entre los métodos para determinar masas volumétricas y abrir nuevas posibilidades o fuentes de investigación sobre la evaluación desde el punto de control de calidad en las estructuras térreas, ya que el proceso de compactación hoy en días y siempre jugará un papel muy importante en la vida útil de una obra a construir.

Por lo tanto se puede concluir que el método de trompa de elefante y pesos directos son similares al del cono -arena y que el método de la probeta es más conservador con una variación de 3 A 4 PUNTOS PORCENTUALES MENOS, por lo que se deduce que este método es menos confiable para deter-

minar masas volumétricas en el caso de obras terreas, pero como en el área de la construcción siempre se busca usar el método que aparte de dar confianza en lograr la efectividad del propósito que se busca; también se pretende que el método a usar sea práctico y alcanzar rápidamente en este caso la compactación del suelo.

Para efectos de alcanzar más rápido los niveles de compactación en las obras de terracerías y para desplante de cualquier edificación se recomienda usar los métodos de cono-arena, el de trompa de elefante y pesos directos los cuales son métodos normados y confiables.

En tanto que el método de la probeta puede ser empleado más para determinar pesos o masas volumétricas en trabajos de mecánica de suelos.

REFERENCIAS

1. Bezares Llaven Julio Cesar, *Análisis de los parámetros geotécnicos a partir de los especímenes de suelo cohesivo (caliche) compactados en el laboratorio, mediante el método proctor (estándar y modificada)*, Tesis de maestría, UNACH, 2004.
2. Haber/Runyon, *Estadística General*, Addison-Wesley iberoamericana.
3. Hines W. Wiliams, Montgomery C. Douglas *Probabilidad y Estadística para Ingenieros*, 3era edición.
4. Juárez Badillo Eulalio, *Mecánica de suelos tomo I*, ed. Limusa, México.
5. Moreno Bonett Alberto-Francisco Javier Jauffred M. *Elementos de probabilidad y estadística, Representaciones y servicios de Ingeniería S.A.*
6. Murria R. Spiegel, *Probabilidad y estadística*, 2da edición, ed. Schaum.
7. Normas mexicanas de terracerias (NMX-416)
8. Sánchez Octavio, *Probabilidad y Estadística*, ed. Mc Graw Hill.

Anexo

