



**ENSAYO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DE LOS SUELOS EN EL
CAMPO POR EL MÉTODO DEL CONO DE ARENA**

I. INTRODUCCIÓN

El ensayo de densidad *IN SITU* por el método del *CONO DE ARENA* permite obtener la densidad de terreno al cual sea aplicado el mismo, y así verificar los resultados obtenidos en trabajos de compactación de suelos, y compararlos con las especificaciones técnicas en cuanto a la humedad, la densidad y el grado de compactación del suelo evaluado, y así poder determinar la calidad del suelo donde se vayan o se están ejecutando proyectos de ingeniería.

Entre los métodos utilizados para determinar la Densidad del Terreno se encuentra el Método del Densímetro Nuclear, Método del Cono de Arena, este último que es el descrito en el siguiente informe, es aplicable en suelos cuyos tamaños de partículas sean menores a 1 ½" (38mm); y se basa en la relación hecha entre el Peso del Suelo Húmedo (sacado de una pequeña perforación hecha sobre la superficie del terreno y generalmente del espesor de la capa compactada) con el volumen del dicho agujero. Para luego proceder a calcular el peso unitario seco.

En este informe se detallará los fundamentos básicos para la realización del ensayo, así como el procedimiento de ejecución y la toma de datos que serán indispensables para calcular el contenido de humedad, densidad de la arena y calibración del cono.

En consecuencia también se determinara el grado de compactación de la capa del suelo (en este caso suelo de SUBRASANTE), para analizar la calidad del suelo de obra.





II. OBJETIVOS DEL ENSAYO:

- ❖ Determinar la Densidad del Suelo Seco y el Contenido de Humedad del Suelo compactado en el campo, para luego poder determinar el Grado de Compactación que presenta el suelo en el campo por el Método de Cono de Arena.
- ❖ Comprobar el grado de compactación del campo a partir de nuestro ensayo realizado.

III. REFERENCIA NORMATIVA:

Las siguientes referencias contienen disposiciones que al ser citadas en este texto constituyen requisitos de la presente Norma:

- ✓ **NTP 339.143** (Método de ensayo estándar para la densidad y peso unitario del suelo in situ mediante el método del cono de arena)
- ✓ **MTC E 117** (Densidad en el sitio - Método del Cono)
- ✓ **ASTM D 1556** (Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Sand-Cone Method)
- ✓ **ASSHTO T 191** (Density In-Place By The Sand Cone Method)



IV. MARCO TEÓRICO

El grado compactación de un suelo o de un relleno se mide cuantitativamente mediante la **densidad seca**. La densidad seca que se obtiene mediante un proceso de compactación depende de la energía utilizada durante la compactación, denominada energía de compactación, también depende del contenido de humedad durante la realización de la misma (compactación de la capa de suelo).

El ensayo de densidad seca permite obtener la densidad de terreno y así verificar los resultados obtenidos en el proceso de compactación de suelos, en las que existen especificaciones y una correlación en cuanto a la humedad y la densidad del suelo. Para obtener estas densidades existen los siguientes métodos en terreno:

- **Cono de arena**
- Balón de caucho o balón de Hule
- Densímetro nuclear

Tanto el método del cono de arena como el del balón de caucho, son aplicables en suelos cuyos tamaños de partículas sean menor es a 38mm. Y utilizan los mismos principios.

MÉTODO DEL CONO DE ARENA

El método del cono de arena, se aplica en general a partir de la superficie del material compactado hasta una profundidad aproximada de 15cm. Y cuyo diámetro del hoyo de extracción de suelo es aproximadamente 4 pulgadas y relativo a la abertura de la placa base del cono metálico de ensayo; este método se centra en la determinación del volumen de una pequeña excavación de forma cilíndrica de donde se ha retirado todo el suelo compactado (sin pérdidas de material) ya que el peso del material retirado dividido por el volumen del hueco cilíndrico nos permite determinar la densidad húmeda. Determinándose la humedad de esa muestra nos permite obtener la densidad seca.

Se utiliza una arena uniforme estandarizada (arena compuesta por partículas cuarzosas, sanas, no cementadas, de granulometría redondeada y comprendida entre las mallas N° 10 ASTM (2,0 mm.) y N° 35 ASTM (0,5 mm.)) y de granos redondeados para llenar el hueco excavado en terreno .





Previamente en el laboratorio, se ha determinado para esta arena la densidad que ella tiene para las mismas condiciones de caída que este material va a tener en terreno. Para ello se utiliza un cono metálico.

El método del cono de arena utiliza una arena uniforme normalizada y de granos redondeados (arena OTAWA con $C_u < 2$) para llenar el hueco excavado en terreno.

Este método de ensayo no es adecuado para:

- Suelos orgánicos, saturados o altamente plásticos que podrían deformarse o comprimirse durante la excavación del hoyo de ensayo.
- Suelos que contengan materiales granulares dispersos que no mantengan los lados estables en el orificio de ensayo.
- Tampoco para suelos que contengan una cantidad considerable de material grueso mayor de 1 ½ pulg. (38 mm) o cuando los volúmenes de los orificios de ensayo son mayores a 0.1 pie³ (2830 cm³) se aplica el Método de Ensayo ASTM D4914 o ASTM D5030.

Este ensayo proporciona un medio para comparar las densidades secas en obras en construcción, con las obtenidas en el laboratorio. Para ello se tiene que la densidad seca obtenida en el campo se fija con base a una prueba de laboratorio.

Al comparar los valores de estas densidades, se obtiene un control de la compactación, conocido como Grado de Compactación, que se define como la relación en porcentaje, entre la densidad seca obtenida por el equipo en el campo y la densidad máxima correspondiente a la prueba de laboratorio.

El Grado de Compactación de un suelo se determina de acuerdo a la siguiente expresión:

$$G_c = \frac{\gamma_{sc}}{\gamma_{sl}} \times 100$$

Donde:

G_c = Grado de Compactación

γ_{sc} = Densidad Seca obtenida en el Campo

γ_{sl} = Densidad Seca Máxima obtenida en el Laboratorio





V. EQUIPOS Y MATERIALES

- Aparato del cono de Arena.
- Arena de Ottawa.
- Placa metálica hueca.
- Balanza con una calibración al gramo (gr).
- Cápsula.
- Cíncel.
- Tamiz (3/4")
- Cucharas.
- Brocha.
- Martillo.
- Horno.
- Depósito.

APARATO DEL CONO DE ARENA

El aparato del cono de arena consistirá de un frasco de aproximadamente un galón (3.785lts.) y de un dispositivo ajustable que consiste de una válvula cilíndrica con un orificio de 12.7mm (1/2) de diámetro y que tiene un pequeño embudo que continua hasta una tapa de frasco de tamaño normal en un extremo y con un embudo mayor en el otro.

Placa de base para su uso, esto puede hacer más difícil la nivelación pero permite en el ensayo abrir agujeros de diámetro mayores y puede reducir la pérdida de suelo al pasarlo del agujero de ensayo al recipiente, así como también ofrecer una base más constante para ensayos en suelos blandos. Cuando se usa la placa de base deberá considerarse como una parte del embudo en el procedimiento de este método de ensayo.





ARENA OTTAWA.

La cual deberá ser limpia, lavada, seca, uniforme, no cementada, durable, lavada. Generalmente se utiliza arena de Ottawa, que corresponde a un material que pasa por la malla N° 10 ASTM (2,00 mm.) y queda retenida en la malla N° 20 ASTM (0,85 mm.).

Antes de usar una arena deberá secarse y dejarse luego en reposo hasta que obtenga la condición de seca al aire, en la zona en que va a ser usada.

En nuestro ensayo hemos utilizado una arena proveniente de La Victoria con dichas características.



PLACA METÁLICA HUECA O PLACA BASE

Es una placa con un orificio central de igual diámetro de 6" de diámetro al del embudo de aparato del cono de arena y puede reducir la pérdida de suelo al pasarlo del agujero de ensayo al recipiente, así como también ofrecer una base más constante para ensayos en suelos blandos. Cuando se usa la placa de base deberá considerarse como una parte del embudo en el procedimiento de este método de ensayo.





BALANZA

De capacidad superior a 10 kg, con precisión de 1 gr.



CÁPSULAS

Para recoger parte de la muestra del suelo y colocarlas al horno, y así determinar su contenido de humedad.



CINCEL

Para la perforación en el suelo estudiado (punta y/o plano).



TAMIZ (3/4")

Para pasar la muestra.





CUCHARAS

Conjuntamente con los guantes nos ayudaran a recoger la muestra.



BROCHA

Para la limpieza de granos en equipos y hoyo).



MARTILLO

Conjuntamente con el cincel ayudar a perforar el suelo estudiado.



HORNO U ESTUFA

Estufa, horno u otro equipo adecuado para secar muestras (T° promedio de 110° durante 24 horas) con el fin de determinar su contenido de humedad.





DEPÓSITO

Para almacenar la muestra mientras esta se extrae.



VI. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

- ❖ Se selecciona el lugar para efectuar el ensayo, en nuestro caso al costado del laboratorio de pavimentos de una capa de suelo simulada como subrasante.
- ❖ Antes de iniciar el ensayo, se debe calibrar el equipo de densidad de campo, para de esta forma obtener el peso volumétrico de la arena calibrada y el peso de arena calibrada que queda en el cono después de ejecutar el ensayo; datos que nos sirven en la determinación de la Densidad de Campo.
- ❖ Seguidamente se nivela el suelo compactado en el campo y se retira el material suelto.
- ❖ A continuación se coloca la placa y se comienza a hacer una perforación (cavado con cincel), teniendo como guía el agujero interior de la placa, a una profundidad de 15 cm. Todo el material que se saque del agujero se coloca en una bolsa plástica o en un depósito y se pesa.
- ❖ Para determinar el volumen del agujero, utilizamos el equipo de densidad de campo de la siguiente forma:
 - Se determina el **peso inicial del frasco con la arena calibrada**. Luego se invierte y se coloca sobre la placa, la cual está colocada en la parte superior del agujero; se abre la llave del cono, permitiendo el paso de la arena.







- Cuando el agujero y el cono están llenos de arena, se cierra la llave y se procede a determinar el peso final del frasco y la arena contenida en él. Por la diferencia de los pesos del frasco más la arena inicial y del frasco más la arena final, obtenemos el **peso de la arena contenida en el agujero y el cono**. A este valor le restamos el peso de la arena que cabe en el cono, obteniendo de esta forma el **peso de la arena contenida en el agujero**.
- El peso de la arena dividida por su densidad, obtenida en el laboratorio mediante la calibración, nos da el **volumen** del agujero.
- ❖ Finalmente se debe determinar en el laboratorio, la **densidad seca máxima** y el **contenido de humedad** de la muestra recuperada del agujero, para de esta forma, determinar el **Grado de Compactación**.



VII. CÁLCULOS Y RESULTADOS

 "UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO" 		
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
FECHA:	06/05/2015	
PROYECTO:	CLASE	
OBRA:	--	
LOCALIZACION:	COSTADO LAB. PAVIMENTOS	
ENSAYO N°:	1	
PROFUNDIDAD:	0,15 cm. Aproximadamente	
DESCRIPCION:	suelo ensayado:de SUBRASANTE	
	peso de deposito calibrado(cero)	
ITEM	DESCRIPCION	DATO
1	peso de suelo húmedo + depósito (gr)	5856.00
2	peso del deposito(gr)	560.00
3	peso del suelo humedo del hueco(1-2)	5296.00
4	peso de la arena + el frasco(gr)	6461
5	peso de la arena que queda en el frasco(gr)	827
6	peso de la arena del hueco + peso de arena del cono(4-5) en gr.	5634
7	peso de arena en el cono(incluida la plataforma) Pp	1552
8	peso de arena del hueco(6-7) en gr.	4082
9	densidad de la arena en gr/cm3	1.33
10	volumen del hueco(8/9) cm3	3069.17
11	peso de grava seca al aire en gr.	298
12	peso especifico de la grava en gr/cm3	2.6
13	volumen de grava por desplazamiento(11/12) en cm3	114.62
14	peso del suelo(3-11) en gr.	4998
15	volumen del suelo(10-13) en cm3	2954.56
16	densidad del suelo humedo(14/15) en gr/cm3	1.69
17	humedad del suelo(%)	3.57
18	densidad del suelo seco(16/17+100)*100 en gr/cm3	1.63
19	maxima densidad determinada en la curva(asumida) en gr/cm3	2.15
20	PORCENTAJE O GRADO DE COMPACTACION ((18/19)*100) en %	75.97
OBSERVACIONES:		
ENSAYO DE LABORATORIO		
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO EN HUECO		
peso de muestra humeda + capsula	165	
peso de muestra seca +capsula	160	
peso de capsula	20	
CONTENIDO DE HUMEDAD	3.57	
PESO DE ARENA CONTENIDA EN EL CONO DE ENSAYO		
peso n° 01	1525	
peso n° 02	1593	
peso n° 03	1538	
peso promedio y final Pp	1552	





VIII. CONCLUSIONES

- ❖ Esta práctica resultó muy interesante ya que por medio de ella podemos conocer el Grado de Compactación de una capa de suelo; además es sencilla ya que no necesita mucho tiempo (a excepción del proceso del cálculo del contenido de humedad que ocupa un lapso de 24 horas).
- ❖ Luego de realizar los cálculos y seguir el procedimiento del formato que se nos proporcionó en el laboratorio, el Grado de Compactación es:

Grado de Compactación 75.97 %

- ❖ la arena (OTTAWA) usada en el desarrollo de este ensayo cumplió con los requisitos de ser limpia, seca, uniforme, durable y que discurra libremente; con un $C_u = D_{60}/D_{10} < 2$ y tamaño de partículas menor de 38mm (1 ½").
- ❖ El Suelo Compactado tiene un Contenido de Humedad igual a **3.57 %**
- ❖ Como se observa en los resultados estamos frente a un grado de compactación de **75.97 %**, esto quiere decir que aun no está compactado al **95%** de dato mínimo requerido por norma para asegurar que la sub-rasante es aceptable y de buena funcionalidad.

IX. BIBLIOGRAFÍA Y LINKOGRAFÍA

- ASTM D 1556 (Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Sand-Cone Method).
- <http://ingenieracivil.com/2007/10/determinacin-de-la-densidad-de-suelo-en.html>.
- Densidad de Campo: Ing. Luis chang chang - Laboratorio Geotécnico (CISMID).
- <http://civilgeeks.com/astm-d-1556-82-en-espanol/>.

