Materiales de construcción

1º de Grado en Ingeniería Civil

PRÁCTICAS DE LABORATORIO

SESIÓN 1

- Densidades de un material granular
- Densidades y porosidad de testigos pétreos
- Densidad real de una arena y de un cemento

Densidades de un material granular

1.- OBJETO DE LA PRÁCTICA

El objeto de esta práctica es entender los diferentes conceptos de densidad que podemos encontrar en un árido.

Igualmente se tratará de determinar la densidad de conjunto, la densidad aparente y relativa de un material granular cualquiera.

2.- GENERALIDADES

Generalmente, los áridos tienen poros que pueden ser accesibles o abiertos y con comunicación con el exterior e, inaccesibles, cerrados y aislados del exterior. Esto hace que no se pueda hablar de una sola densidad del árido sino de varias que dependerán de que, en el volumen que estemos considerando, incluyamos o no a estos dos tipos de poros. Entendemos por poros accesibles aquellos que se llenan de agua después de mantener sumergido el cuerpo durante 24 horas.

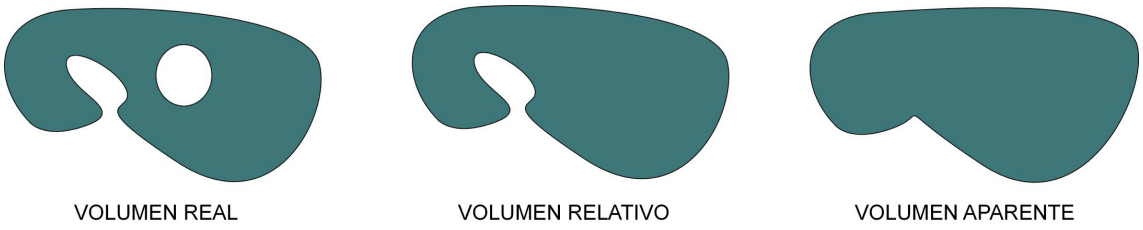

Figura 1. *Modelo esquemático de una partícula de árido*

La "**densidad relativa**" es la relación existente entre el peso de la muestra de árido seco y el volumen relativo de la misma, es decir, de la parte impermeable de éste; por consiguiente, en este volumen se incluyen los poros cerrados o inaccesibles del árido.

La determinación de la densidad relativa se realiza mediante la balanza hidrostática; para ello, se toma una muestra representativa del árido que se deseca a 100°C hasta peso constante, sea P este peso. Seguidamente el árido se satura de agua, es decir, se llenan todos sus poros accesibles de ella y se introduce en una cubeta con agua determinando su peso sumergido por medio de la balanza hidrostática; sea P_1 este peso. La densidad relativa (D_r) vendrá dada por:

$$D_r = \frac{P}{V_r} = \frac{P}{V_a - h_a} = \frac{P}{P - P_1}$$

A esta densidad se le llama "densidad real en seco", para distinguirla de la "densidad real del árido saturado con superficie seca", determinada pesando el árido después de haberlo sumergido en agua durante 24 horas y haberlo secado al sacarlo del agua con un paño húmedo y hallando la relación entre el peso del árido saturado con superficie seca P' y la diferencia entre este peso y el sumergido en ese estado en la cubeta de la balanza hidrostática P'_1.

$$D_{rss} = \frac{P'}{P' - P'_1}$$

Ambas densidades D_r y D_{rss} son muy utilizadas en la dosificación de hormigones.

La "**densidad aparente**" es la relación existente entre el peso de la muestra seca y su volumen aparente, es decir, el que incluye tanto los poros accesibles como inaccesibles; volumen que se determina por diferencia de pesadas de la muestra seca P y de la muestra sumergida en el agua de la cubeta de la balanza hidrostática **P_2.** La densidad aparente vendrá dada por tanto por:

$$D_a = \frac{P}{V_a} = \frac{P}{P - P_2}$$

La relación existente entre estas densidades es: $\mathbf{D_a \leq D_r \leq D_R}$

Cuanto menos poroso sea un árido más se aproximarán sus densidades aparente y relativa a la real. Una densidad aparente elevada es indicativa de un árido de buena calidad que, generalmente, será muy resistente y duro, mientras que, por el contrario, densidades bajas son propias de áridos débiles, porosos y muy absorbentes.

La densidad de un hormigón, a igualdad de otros factores, dependerá de la de los áridos que entran en su composición lo cual es muy importante en la fabricación de hormigones ligeros, pesados e incluso convencionales.

Las densidades anteriores se refieren a áridos aislados y es interesante conocerlas porque nos van a decir mucho sobre las propiedades de los mismos y sobre la densidad que van a poseer los hormigones en los que se empleen; sin

embargo, en obra no se usan partículas aisladas, sino conjuntos de ellas y entre las mismas existen huecos más o menos grandes dependiendo de la forma de éstas y de la variabilidad de los tamaños de las partículas que forman estos conjuntos. A la relación existente entre el peso de un conjunto de áridos y el volumen del mismo se denomina "**densidad de conjunto**". Ésta depende de la densidad del árido, de la distribución de tamaños o granulometría del mismo, así como, de la forma de los granos, de su humedad y de la forma y tamaño del recipiente en el que se hace la determinación, así como también del grado de compactación que tengan estos granos dentro de él.

La determinación de la **densidad de conjunto** se hace en recipientes metálicos cilíndricos cuyas dimensiones dependen del tamaño máximo del árido. El llenado se hace en tres capas de un tercio del volumen del recipiente, compactándose cada una de ellas mediante 25 golpes dados con una barra de 16 mm de diámetro y enrasando al final el recipiente o, bien, llenando sin realizar el compactado anterior, debiendo en cualquier caso indicarse el sistema seguido.

El conocimiento de la densidad de conjunto es interesante en el caso de dosificar el hormigón en volumen, en vez de en peso, así como en el caso de empleo de áridos ligeros o pesados.

3.- PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD APARENTE Y RELATIVA DE UN MATERIAL GRANULAR

1. Se seca una muestra en estufa a 100-110 ºC hasta peso constante y se separan 5.000 gr si es una grava o 2.500 sí fuera una gravilla (P_1). Se sumerge la muestra en agua durante 24 horas.

2. Al cabo de este tiempo, se saca la muestra del agua y se seca rodando las partículas sobre un paño absorbente hasta que haya desaparecido la película de agua visible.

3. Se tara en el aire un recipiente con su superficie llena de perforaciones (T_1) y se introduce en él el árido saturado con superficie seca (sss) y se pesa en el aire (P_2) y en el agua (P_3). Se vacía el recipiente y se pesa en el agua (T_2).

3.1.- RESULTADOS

Grupo nº				
T_1	Peso de la tara en el aire			
T_2	Peso de la tara en el agua			
P_1	Peso de la muestra seca en el aire			
P_2	Peso de la muestra sss + tara en el aire			
P_3	Peso de la muestra sss + tara en el agua			
A	Peso en el aire de la muestra seca: P_1			
B	Peso en el aire de la muestra sss; $P_2 - T_1$			
C	Peso en el agua de la muestra sss: $P_3 - T_2$			
h_a	Volumen de poros accesibles: B - A			
V_a	Volumen aparente: B - C			
V_r	Volumen relativo: A - C			
D_a	Densidad aparente: A/V_a			
D_r	Densidad relativa: A/V_r			
H	Absorción: $100 \cdot h_a/A$			
Valores medios		D_a:	D_r:	H:

DENSIDAD DE CONJUNTO [g/cm³]	
PESO DE LA MUESTRA SECA [g]	
VOLUMEN DE CONJUNTO [cm³]	
DENSIDAD DE CONJUNTO [g/cm³]	

Densidades y porosidad de testigos pétreos

1. OBJETO DE LA PRÁCTICA

El objeto de esta práctica es determinar la densidad aparente y relativa, así como, saber la capacidad que tienen distintos hormigones para absorber agua.

La capacidad de absorción de agua es una medida de la compacidad del hormigón. A menor capacidad de absorber agua mayor compacidad, a mayor compacidad menor capacidad de formar sales perjudiciales para el hormigón y a menor capacidad de formar sales mayor calidad del hormigón.

2.- PREPARACIÓN DE MUESTRAS

Se elegirán una serie de elementos de una producción en serie, de estos elementos se extraerán un número fijado de probetas, por ejemplo dos. Las probetas serán un cilindro de diámetro aproximado de 40 mm y longitud en torno a 120 mm. En las fotos 1 y 2 se muestra el proceso de extracción de probetas.

Foto 1: Extracción de probetas.

Foto 2: Probetas de hormigón.

3.- FUNDAMENTO

Una medida de la capacidad de absorción de agua es la porosidad, P_{or}, definida como el volumen de poros accesibles, h_a, dividido el volumen aparente del material, V_a, multiplicado por cien.

$$P_{or} = \frac{h_a}{V_a} \cdot 100$$

El procedimiento nos va a llevar a poder determinar cual es el volumen de poros accesibles y el volumen aparente del material.

Tenemos dos formas de hacerlo:

1ºForma:

Supongamos que pesamos la muestra saturada sumergida en agua en una balanza hidrostática, nos da el peso sumergido, P_1, que, por el principio de Arquímedes, es igual al peso saturado de la muestra, P', menos el peso de agua desalojada. Este peso de agua desalojada es igual al volumen aparente de dicha muestra, V_a (*).

(*) Tomaremos para todos los casos que sea necesario peso de agua desalojada igual a volúmenes de agua desalojada, esto es cierto para densidad del agua igual a uno.

Entonces:

$$P_1 = P' - V_a = P + P_{agua} - V_r - V_{agua} = P - V_r$$

Sabiendo el peso seco, P, ya podemos obtener el volumen relativo.

$$V_r = P - P_1$$

Seguidamente podemos obtener el volumen de poros accesibles de la siguiente forma:

$$h_a = P' - P$$

Si queremos saber el volumen aparente haríamos:

$$V_a = V_r + h_a == P - P_1 + P' - P = P' - P_1$$

2ºForma:

Supongamos que pesamos la muestra saturada sumergida en agua con una balanza exterior y con una fuerza, también exterior, T_1, que mantenga a dicha muestra en equilibrio hidrostático. Como muestra la fotografía:

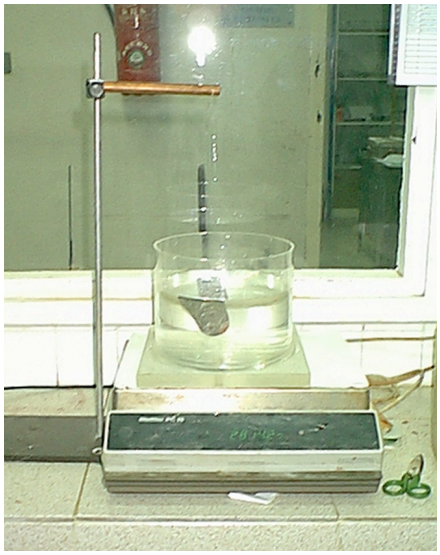

Foto 3: Pesada de la muestra

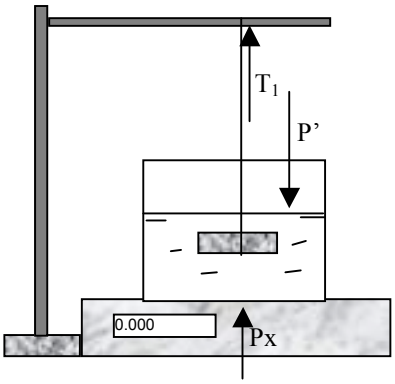

Fig 1: Esquema de fuerzas

La Fuerza T_1 es igual al peso del sólido, es decir peso seco, menos el volumen de agua desplazado, que es igual al volumen relativo. Entonces:

$$T_1 = P - V_r$$
$$Px = P' - T_1 = P + P_{agua} - P + V_r = V_a$$

El peso que nos da la balanza es directamente el volumen aparente de la muestra, V_a.

El volumen de poros accesibles se calcula como en la forma 1:

$$h_a = P' - P$$

Si queremos calcular el volumen relativo, sería:

$$V_r = V_a - h_a == Px - h_a = Px - P' + P$$

4.- PROCEDIMIENTO

1. Secamos las muestras a una temperatura de 105 ºC hasta obtener una masa constante*. De aquí obtenemos el peso seco.

*Se considera masa constante cuando la diferencia relativa entre dos medidas consecutivas sea inferior a 1/1000. Normalmente se llega a este valor transcurridas 48 horas

2. Sumergimos las muestras horizontalmente hasta la mitad en un recipiente parcialmente lleno de agua a una temperatura comprendida entre 15 y 20 ºC.

3. Tras 24 horas, añadimos agua hasta que ésta alcance el nivel de 5 mm por encima de la generatriz superior de las probetas; esta operación debe durar al menos 15 minutos.

4. Este punto, como se ha indicado anteriormente, lo podemos realizar de dos formas, nosotros para la práctica seguiremos la forma 2.

Forma 1:

- Transcurridas 48 horas, las muestras saturadas se pesan sumergidas en una balanza hidrostática, obteniendo el peso hidrostático

Forma 2:

- Pesamos la muestra saturada en equilibrio hidrostático, obteniendo directamente el volumen aparente.

- Sacamos las muestras del agua, las limpiamos, para eliminar el agua superficial y seguidamente las pesamos obteniendo el peso saturado.

5.- RESULTADOS

En la práctica obtendremos la densidad aparente como:

$$D.ap = \frac{P}{V_a}$$

Tabla de recogida de resultados para la **Forma 1**:

Probeta	P	P_1	P′	h_a	V_a (cm^3)	Densidad (g cm^3)	Porosidad (%)
1							
2							
3							
4							
5							

Tabla de recogida de resultados para la **Forma 2**:

Probeta	P	P′	h_a	V_a (cm^3)	Densidad (g cm^3)	Porosidad (%)
1						
2						
3						
4						
5						

Densidad real de una arena y de un cemento

1.- OBJETO DE LA PRÁCTICA

El objeto de esta práctica es entender los diferentes conceptos de densidad, que podemos encontrar en un árido, determinando la densidad real de una arena, por un lado, y de un cemento, por otro.

2.- GENERALIDADES

En la práctica "Densidades de un material granular" han quedado definidas 2 densidades, la densidad aparente y la relativa, teniendo en cuenta la capacidad de absorción y la porosidad del material. En el caso que nos ocupa, la arena y el cemento, se presentan lo suficientemente molidos como para poder considerar la porosidad del material despreciable y asemejar el volumen relativo del sólido al volumen real.

La "**densidad real**", viene determinada como la relación existente entre el peso de una muestra de árido seco y el volumen real o de la parte sólida del mismo, es decir, excluyendo los poros accesibles y los inaccesibles.

La determinación de la densidad real se realiza mediante un picnómetro. Si llamamos P al peso de una muestra de árido pulverizado y seco en estufa a 100°C, P_1 el peso del picnómetro lleno de agua hasta la señal de enrase y P_2 al peso del picnómetro con la muestra dentro de él y lleno hasta el enrase, la densidad absoluta vendrá dada por:

$$D_R = \frac{P}{V_R} = \frac{P}{V_a - h_a - h_i} = \frac{P}{P + P_1 - P_2}$$

3.- PROCEDIMIENTO

1. Se lleva a peso constante una fracción del material, se muele hasta polvo muy fino y se pesa una cantidad del producto así obtenido en un papel limpio (P_1).

2. Se vierte en un matraz de Le Chatellier un líquido que no reaccione con el material hasta una altura cualquiera de la escala inferior del cuello del matraz y se anota el volumen alcanzado (V_1).

3. Se va introduciendo, con ayuda de una varilla helicoidal, una parte del polvo pesado anteriormente hasta lograr que el líquido, superando el ensanchamiento del matraz, alcance una altura cualquiera de la escala superior de su cuello y se anota el volumen (V_2).

4. Se pesa, junto con el papel que sirvió de envoltorio, el material sólido sobrante (P_2)

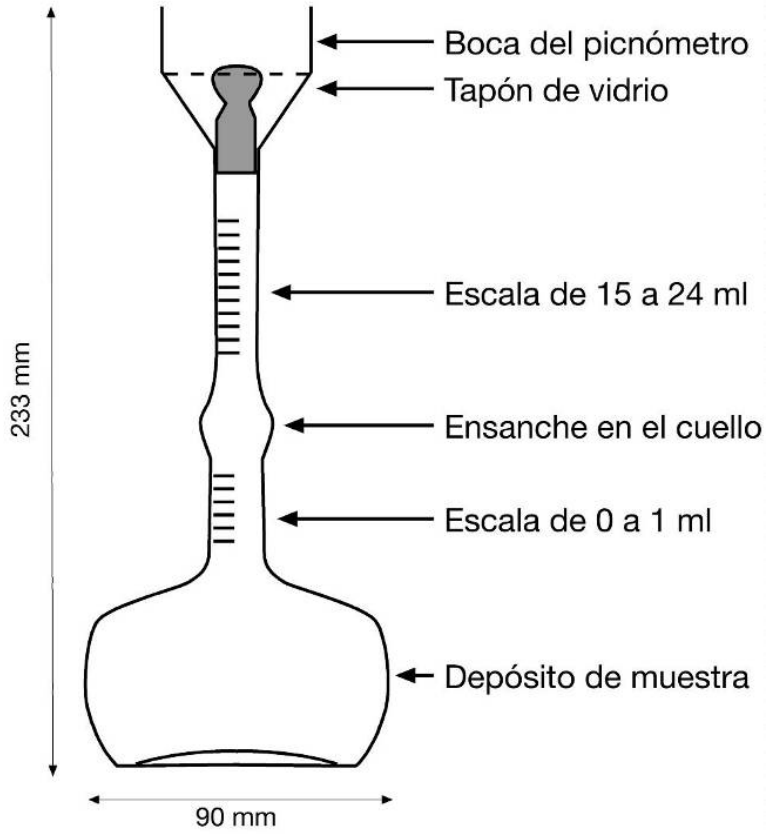

Figura 1.- *Matraz Le Chatelier*

3.1.- RESULTADOS

Medidas:

Masa inicial (peso del recipiente + árido):	
Volumen inicial (volumen de agua):	
Masa final (peso de del recipiente + árido – peso del árido utilizado):	
Volumen final (volumen de agua + árido):	

Cálculos:

Masa de árido (masa inicial – masa final):	
Volumen del árido (volumen final – volumen inicial):	
Densidad del árido (masa del árido / volumen del árido):	