

Notas de laboratorio: Identificación de Suelos

La **mecánica del suelo** es la ciencia que se ocupa de estudiar los esfuerzos que se producen en el suelo y los efectos a que dan lugar éstos sobre el mismo.

Constitución y propiedades físicas del suelo.

- Las rocas son masas de minerales de un cierto volumen, pero sin forma constante para cada clase.
- Los minerales son agregados inorgánicos de partículas de idéntica composición química que constituyen las rocas.
- Los suelos son el resultado de la alteración de las rocas.

Tipos de rocas:

→ Roca volcánica (o ígnea) proceden del magma fundido encerrado bajo la corteza terrestre.

→ Rocas sedimentarias: se originan por la transformación de sedimentos en rocas compactas, con formas estratificadas, por acción de la presión, la cementación y el calor interno.

→ Rocas metamórficas: son aquellas que, por movimientos tectónicos han pasado a ocupar posiciones a gran profundidad.

Propiedades físicas de los suelos.

Son propiedades que se expresan como relación ya que son independientes de la cantidad de muestra analizada.

- Peso específico de un suelo seco γ_d : es el cociente entre el peso de la muestra totalmente seca y el volumen que ocupa.
- Peso específico aparente γ : es el cociente entre el peso de la muestra, con su humedad natural, y el volumen total que ocupa.
- Peso específico saturado γ_{sat} : es el cociente entre el peso de la muestra, con todos sus huecos llenos de agua y el volumen total que ocupa.
- Peso específico sumergido γ' : es la diferencia entre el peso específico saturado y el peso específico de agua de dicho volumen desalojado.

- Porosidad n : cociente entre el volumen de huecos del suelo y el volumen total de la muestra.
- Índice de huecos e : cociente entre el volumen de huecos del suelo y el volumen que ocupan las partículas sólidas
- Humedad W : es la relación entre el peso del agua intersticial y el peso de los granos sólidos, para un volumen unitario. Se expresa en tanto por cien.

El peso específico de las partículas sólidas γ_s de un suelo inorgánico varía entre los dos valores de $2'60 \text{ t/m}^3$ en arenas y $2'80 \text{ t/m}^3$ para arcillas. Valores inferiores a $2'6$ indican la presencia de materia orgánica en el suelo.

Diferentes relaciones :

$$e = (\gamma_s - \gamma_d) / \gamma_d \quad \gamma_d = \gamma_s / (1+e)$$

$$\gamma_d = \gamma / (1+ W) \quad W = (\gamma / \gamma_d) - 1$$

Clasificación de suelos.

Podemos distinguir los suelos **granulares** que presentan huecos de gran tamaño, no hay agua absorbida y los suelos **cohesivos** que poseen gran cantidad de agua.

Los **suelos granulares** los clasificamos en función del análisis granulométrico y el equivalente de arena.

Equivalente de arena UNE 933-8: permite detectar si existe un exceso de finos con materiales inferiores a 4 mm.

Consiste en colocar la muestra en una probeta con una solución normalizada, cuya misión es dispersar las partículas del suelo. Tras agitar se deja reposar según norma y al cabo del tiempo se mide la altura h_1 del depósito y la altura h_2 del floculado.

$$EA = (h_1 / h_2) * 100$$

EA = 100 arena limpia

EA > 75 valida para hormigones

EA = 20 suelo plástico
EA = 40 suelo no plástico

Análisis granulométrico UNE 103-101: se trata de separar las partículas que conforman un suelo y agruparlas por tamaños, en función de su porcentaje en peso.

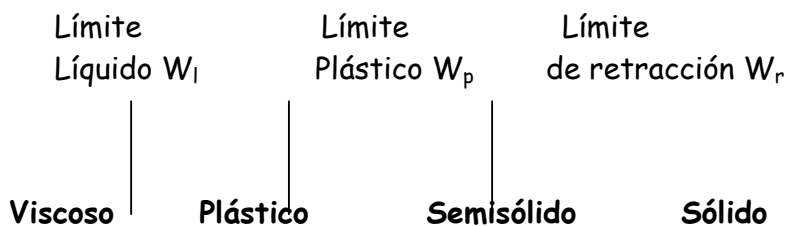
Bolos	>63 mm
Grava gruesa	20 a 63
Grava media	6 a 20
Grava fina	2 a 6
Arena gruesa	0'6 a 2
Arena media	0'2 a 0'6
Arena fina	0'08 a 0'2
Limos, arcilla	< 0'08

Denominamos fracción gruesa tamaños superiores a 2 mm y fina la que pasa.

Los suelos cohesivos se ordenan según sus límites de Atterberg clasificándose en limosos, arcillosos y no plásticos.

Un suelo, en función de su naturaleza y de la humedad que presenta, puede presentarse en diferentes estados de consistencia, cada uno de ellos con propiedades y comportamientos específicos:

Atterberg definió las humedades que definen los límites de separación de estos cuatro estados, denominados límites de Atterberg (1911).



Se denomina **Índice de Plasticidad** el intervalo de humedades en el que un suelo se presenta en estado plástico: $I_p = W_l - W_p$

Límite líquido UNE 103-103-94: humedad a partir de la cual el suelo pasa a comportarse como un lodo y tiende a fluir bajo su propio peso. Si añadimos arena o limo, la arcilla se hace más consistente y su límite líquido disminuye.

Se procede tomando la humedad que tiene un suelo amasando con agua y colocando en una cuchara normalizada, cuando un surco, realizado con un acanalador normalizado, que divide dicho surco en dos mitades, se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm, tras haber dejado caer 25 veces la mencionada cuchara desde una altura de 10 mm sobre una base también normalizada, con una cadencia de 2 golpes por segundo.

Límite plástico UNE 103-104-93: mínimo contenido de agua con el que el suelo permanece en estado plástico.

Se procede tomando la humedad más baja con la que pueden formarse con un suelo, cilindros de 3 mm de diámetro, rodando dicho suelo entre los dedos de la mano y una superficie lisa, hasta que los cilindros empiecen a resquebrajarse.

Límite de retracción: humedad en la que una pérdida mayor de agua no va acompañada de una disminución en el volumen del suelo.

Suelos	Wl	Wp	Ip
Limo	35	25	10
Arcilla	65	30	35
Turba	65	35	30
Cieno	85	40	45

$I_p < 6$ no plástico.

Ensayos para estudiar el comportamiento del suelo.

La determinación de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo es fundamental para determinar los criterios de estabilización de un suelo. La propiedad fundamental de los suelos cohesivos es la presencia de resistencia al esfuerzo cortante en ausencia de esfuerzo normal (cohesión).

Corte directo: mide la posibilidad o no, de drenar el agua intersticial.

Triaxial: consiste en una presión isótropa (tensión vertical y presión lateral) aplicada a través del fluido comprimido, se aumenta progresivamente la fuerza axial hasta obtener la rotura de la muestra.

Se pueden obtener los siguientes parámetros: cohesión y ángulo de rozamiento, permeabilidad, coeficiente de consolidación, coeficiente de empuje pasivo.

Edométrico UNE 103-601: consiste en un anillo, en el cual se encuentra comprimido el suelo entre dos placas porosas, cuyo desplazamiento relativo se mide con gran precisión.

Permiten determinar la curva de compresibilidad unidimensional, denominada curva edométrica y el coeficiente de consolidación.

Compactación de suelos.

El parámetro más importante para ser utilizados en terraplenes es el valor de la humedad del terreno in situ.

Los estudios de Proctor datan de 1929 (California). El mejor método para mejorar las propiedades de un suelo alterado es la compactación ya que el resto de métodos son más caros.

Habrà una humedad óptima que dé una densidad máxima, idea básica de los trabajos de Proctor.

Ensayo Proctor : para un suelo dado (fino cohesivo o intermedio) y utilizando el mismo método de compactación y la misma energía de compactación, se puede obtener la curva que da las variaciones de peso específico seco en función de la humedad. El peso específico seco presenta un máximo para un valor de humedad, que recibe el nombre de humedad óptima de compactación.

El ensayo consiste en dejar caer una masa sobre las capas de suelo que se van a estudiar. El suelo se coloca en un molde de dimensiones definidas y la compactación se realiza por golpeo.

Hay dos tipos de ensayo Proctor: normal y modificado.

a) Normal

Maza de 2490 gr que cae desde 30'5 cm de altura

3 capas con 25 golpes cada capa

b) Modificado UNE 103-501

Maza de 4535 gr que cae desde 45'75 cm de altura

5 capas con 60 golpes cada capa

Se toman muestras con diferentes humedades y se pesa el conjunto conociendo el peso del molde y su volumen para obtener el peso específico húmedo.

Con la curva Proctor podemos determinar las condiciones óptimas de un suelo.

Si la curva es puntiaguda indica un suelo muy sensible al agua, es decir, difícil de compactar al alejarlo de su humedad óptima.

Para un suelo granular, la compactación, es decir, el aumento de su peso específico seco mejora todas las propiedades físicas. Además, la humedad no tiene prácticamente ninguna influencia en la compactación.

Sin embargo en suelos cohesivos, los pesos específicos son tanto mayores cuanto mejor graduada es su granulometría, sin exceso de arcilla. Las arenas limosas son en general las que dan pesos específicos secos más elevados. Las arcillas puras, por el contrario, dan pesos específicos secos relativamente bajos. Las curvas Proctor son más aplastadas que las de las arenas.

Ensayo CBR de un suelo UNE 103-502: índice de resistencia de los suelos denominado C.B.R (California Bearing Ratio). Ensayo de punzonamiento que

se utiliza para evaluar la resistencia a rotura o capacidad de carga de los suelos.

Consiste en preparar una muestra de suelo para compactarla en un molde. Las condiciones de compactación y humedad se definen previamente. Un ensayo completo debe contar con una serie de muestras compactadas a tres energías diferentes (15,30 y 60 golpes) por capa y con 4 o 5 humedades diferentes.

Cada probeta se somete a un punzonamiento con un pistón cilíndrico. La precisión se mide con un anillo dinamométrico y el hundimiento del pistón con un comparador. El ensayo prosigue hasta un hundimiento de 2'5 y 5 mm trazándose la curva de presiones en función de los hundimientos.

El punzonamiento se hace con muestras previamente sumergidas en agua. Para comprobar la pérdida de resistencia por imbibición se punzona primero en seco.

La muestra en su molde se coloca 4 días en contacto con el agua por su cara inferior, mediante una placa porosa. En su parte superior se somete a una carga cuyo valor se procura que sea similar al que recibirá finalizada la obra.

Así con los ensayos Proctor-CBR se pueden deducir el peso específico seco en función de la humedad para dos energías de compactación.

El valor CBR en función del peso específico seco para cada valor de la humedad.

Y el valor del CBR en función de la humedad para cada energía de compactación.

Bibliografía.
Mecánica del suelo
Celso Iglesias Pérez

Ed Síntesis

Manual de Prácticas de laboratorio

Geotecnia y cimientos I

Carlos Hidalgo Signes

María Elvira Garrido de la Torre

Ed UPV

<http://personales.upv.es/fbardisa>