

M<sup>a</sup> Elvira Garrido de la Torre  
Carlos Hidalgo Signes  
Jorge Iván Preciado Romero

# **Ensayos de Mecánica de Suelos**

**Prácticas de Geotecnia**

**EDITORIAL**  
**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

Los contenidos de esta publicación han sido revisados por el Departamento de Ingeniería del Terreno de la UPV

*Colección Académica*

Para referenciar esta publicación utilice la siguiente cita: Garrido de la Torre, M. E. [et al](2015) *Ensayos de mecánica de suelos: prácticas de geotecnia*. Valencia: Universitat Politècnica de València

© M<sup>a</sup> Elvira Garrido de la Torre  
Carlos Hidalgo Signes  
Jorge Iván Preciado Romero

© 2015, de la presente edición: Editorial Universitat Politècnica de València  
*distribución:* Telf. 963 877 012 / [www.lalibreria.upv.es](http://www.lalibreria.upv.es) / Ref.: 0167\_12\_01\_01

Imprime: Byprint Percom, sl

ISBN: 978-84-9048-405-0

Impreso bajo demanda

Impreso en papel Creator Silk



Queda prohibida la reproducción, la distribución, la comercialización, la transformación y, en general, cualquier otra forma de explotación, por cualquier procedimiento, de la totalidad o de cualquier parte de esta obra sin autorización expresa y por escrito de los autores.

Impreso en España

<b>Capítulo 1. Identificación de suelos</b>	1
<b>Capítulo 2. Propiedades Índice</b>	13
<b>Capítulo 3. Granulometría por tamizado</b>	23
<b>Capítulo 4. Granulometría por sedimentación</b>	33
<b>Capítulo 5. Límites de consistencia</b>	39
<b>Capítulo 6. Clasificación de suelos. Sistema S.U.C.S</b>	47
<b>Capítulo 7. Permeabilidad</b>	59
<b>Capítulo 8. Consolidación. Ensayo edométrico</b>	67
<b>Capítulo 9. Ensayo de Corte Directo</b>	81
<b>Capítulo 10. Ensayo Triaxial y Resistencia Compresión Simple</b>	89
<b>Bibliografía</b>	109
<b>ANEXO</b>	111
<b>Impresos de ensayo</b>	



### 1.1 INTRODUCCIÓN

Cuando una muestra, obtenida en sondeos y/o calicatas realizados en campo, llega al laboratorio se procede al registro e identificación de la misma:

- Registro: Asignación de un código alfanumérico ordenado que permitirá la localización continua de la muestra.
- Identificación: reconocimiento inicial de una muestra, esto es, describir unas propiedades básicas de este material que permitan, de una manera rápida y sencilla, describir el tipo de suelo o roca que se va a estudiar posteriormente mediante ensayos normalizados.

El objetivo de este tema será describir como se realizan estas tareas de identificación en suelos. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que dichas tareas no son aptas para clasificar de forma definitiva una muestra de terreno, más bien servirá para que el técnico de laboratorio sepa de antemano qué tipo de material va a ensayar.



Fig.1.1: Izquierda: Sondeo a rotación. Derecha: Caja Portatestigo de PVC, donde se coloca el terreno extraído del sondeo.

Todas las muestras que llegan a un laboratorio, antes de ser sometidas a las operaciones de apertura, descripción e identificación, se inscriben en el Libro de Registro de Muestras y Ensayos y se les asigna un código de identificación que acompañará a la muestra durante el tiempo que ésta esté en el laboratorio.

En este registro es imprescindible incluir la siguiente información:

- Datos del solicitante del trabajo y persona de contacto
- Proyecto u obra a la que pertenece la muestra
- Fecha de toma de muestra
- Punto de reconocimiento, sondeo o calicata, donde se ha extraído
- Profundidad de muestreo
- Tipo de muestra: inalterada, testigo parafinado o muestra alterada



*Fig.1.2: Utensilios habituales en las tareas de identificación.*

## 1.2 IDENTIFICACIÓN DE SUELOS

La identificación y descripción de un suelo en laboratorio comprende las siguientes determinaciones:

### 1.2.1 COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA

Los suelos rara vez están formados por un único tamaño de partícula, sino que habitualmente resultan de una mezcla de numerosos tamaños distintos.

La **fracción gruesa** se reconoce fácilmente por inspección visual. Para una mayor definición, se compara el tamaño de las partículas de la muestra, extendida en una superficie plana o sobre la palma de la mano, con una escala granulométrica patrón, representada en la tabla siguiente:

Fracciones	Subdivisiones	Diámetro de partículas (mm)
Suelos muy gruesos	Grandes piedras	>630
	Piedras	200 < Ø < 630
	Gujarros	63 < Ø < 200
Suelos gruesos	<b>Grava</b>	<b>2,0 &lt; Ø &lt; 63</b>
	Grava gruesa	20 < Ø < 63
	Grava media	6,3 < Ø < 20
	Grava fina	2,0 < Ø < 6,3
	<b>Arena</b>	<b>0,063 &lt; Ø &lt; 2,0</b>
	Arena gruesa	0,63 < Ø < 2,0
	Arena media	0,2 < Ø < 0,63
	Arena fina	0,063 < Ø < 0,2
Suelos finos	<b>Limos</b>	<b>0,002 &lt; Ø &lt; 0,063</b>
	Limos gruesos	0,02 < Ø < 0,063
	Limos medios	0,006 < Ø < 0,02
	Limos finos	0,002 < Ø < 0,006
	<b>Arcillas</b>	<b>Ø ≤ 0,002</b>

Tabla 1.1: Fracciones de tamaños de partículas (Fuente: Tabla 1, Norma UNE 14688).

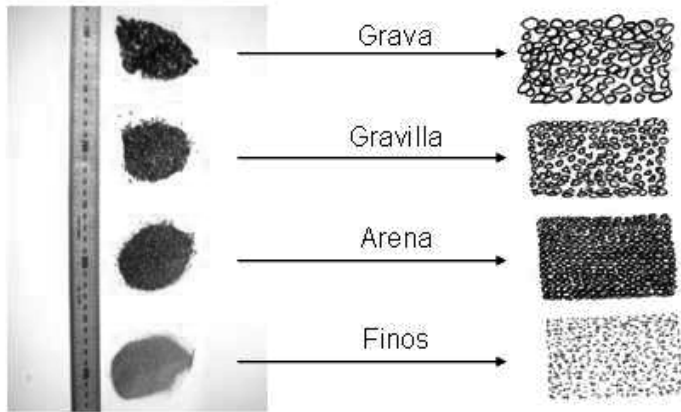
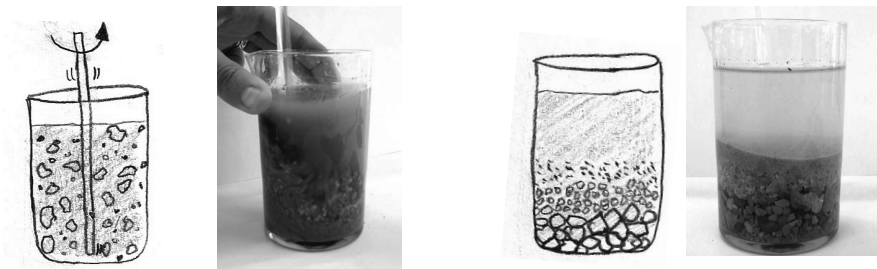


Fig.1.3: Diferentes tamaños representativos de partículas.

No ocurre lo mismo con la **fracción fina** del suelo. Para estimar la proporción de finos se realiza una variante muy burda del ensayo de sedimentación. En un recipiente transparente, se mezcla con agua una pequeña cantidad de suelo, del que se han excluido los cantos más gruesos y se agita.



Fase 1: Agitación

Fase 2: Sedimentación

Fig.1.4: Ensayo de sedimentación.

Una vez ha reposado la mezcla se observa como se han formado capas con tamaño de granos de diámetro decreciente. Las partículas gruesas (arena y grava fina) se ha depositado en el fondo y los materiales más finos enturbian el agua de la mezcla.



De los espesores relativos de cada capa se obtiene una estimación de las proporciones de los distintos tamaños de grano.

Como los granos más gruesos (gravas y arenas) pesan más que los finos, para expresar su porcentaje en peso se multiplica por cinco el espesor de cada uno de los dos primeros, el resultado final de las proporciones de espesores de cada tipo de suelo presentará una distribución similar a la que se obtiene en laboratorio con los ensayos de granulometría.

Para describir el suelo en su conjunto se comienza nombrando la fracción de suelo representada con más de un 50 % seguida del resto de fracciones presentes utilizando los siguientes adjetivos en función de su proporción estimada:

<b>Proporción (%)</b>	<b>Adjetivos</b>
0 - 10	...indicios de...
10 - 20	...algo de...
20 - 35	... bastante...
35 - 50	...oso, osa...

*Tabla 1.2: Adjetivos de descripción del suelo.*

A esta descripción se debe añadir cualquier información adicional como la presencia de restos orgánicos, raíces o madera, o antrópicos. Los rellenos se describen de igual forma que los suelos anteponiendo la palabra *Relleno*.

### **1.2.2 FORMA DE LAS PARTÍCULAS**

En el caso de la fracción gruesa del suelo es necesario reseñar la forma que tienen las partículas que la constituyen. De este modo se proporciona información relativa a la distancia del fragmento rocoso con respecto a la roca madre a que pertenece.

La morfología de las partículas se identifica atendiendo a tres criterios: angulosidad de las partículas, forma (propriadamente dicha) y características superficiales.

Parámetro	Forma de la partícula
Angulosidad	Muy angulosa
	Angulosa
	Casi angulosa
	Casi redonda
	Redonda
	Perfectamente redonda
Forma	Cúbica
	Plana
	Alargada
Textura superficial	Rugosa Lisa

Tabla 1.3: Descripción de la forma de las partículas (Fuente: Tabla 4 UNE 14688).

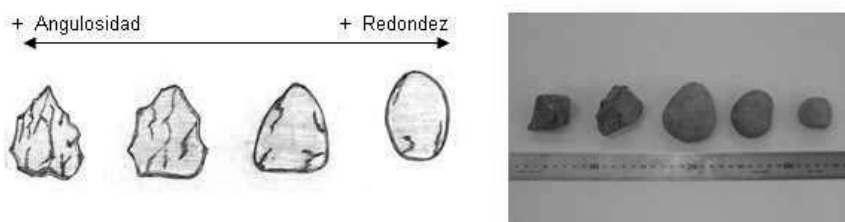


Fig.1.5: Algunos ejemplos de angulosidad-redondez.

### 1.2.3 COLOR DEL SUELO

Aunque es un factor cambiante y en muchas ocasiones local, el color puede definir la composición del material y su distribución.

Procesos como la desecación o la oxidación pueden cambiar rápidamente el color del suelo, en contacto con el aire. Por tanto, debe tenerse especial precaución en suelos finos con compuestos de óxido de hierro en estado saturado, y describir el color en un corte reciente de la superficie y bajo la luz solar.

Para realizar esta descripción se combina color básico con tonalidad y nivel de color o intensidad.

COLOR BÁSICO	INTENSIDAD (TONALIDAD)	VALOR (INTENSIDAD)
ROSA		
ROJO	ROSADO	
AMARILLO	ROJIZO	
MARRÓN	AMARILLENTO	CLARO
VERDE OLIVA	CASTAÑO	OSCURO
VERDE	VERDOSO	
AZUL	AZULADO	
BLANCO	GRISÁCEO	
GRIS		
NEGRO		

Tabla 1.4: Descripción del color del suelo.

En general, los colores oscuros suelen indicar suelos orgánicos, si esta coloración se complementa con el mal olor que desprenden. Colores cálidos y brillantes (rojos, naranjas o amarillos) indican suelos inorgánicos.

Una escala de colores proporciona una ayuda útil a la hora de unificar criterios.

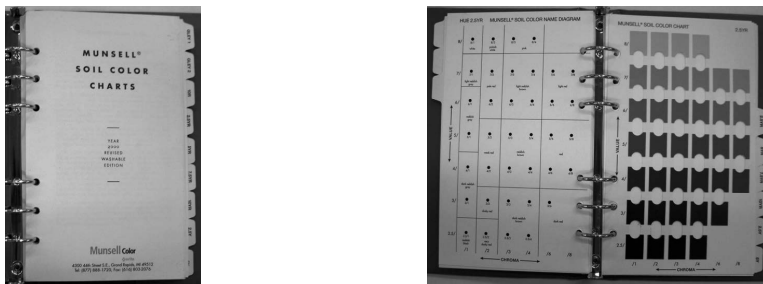


Fig.1.6: Escala de Colores Munsell.

#### 1.2.4 TACTO

En general, las arenas son ásperas, los limos suaves pero secos y las arcillas suaves y grasientas. Por otro lado, los limos se secan rápidamente sobre los dedos y se desprenden con facilidad dando palmadas sin dejar huella. Mientras que las arcillas se pegan a los dedos y se secan lentamente sobre ellos.

### 1.2.5 CONTENIDO EN ARENA, LIMO Y ARCILLA

Para discriminar el limos de arenas, se frota una pequeña muestra con los dedos y se evalúa el tacto, si se aprecian las partículas se trata de la fracción arenosa y, en caso contrario, limosa.

Para diferenciar limos de arcillas, se corta la muestra en su estado de humedad natural con un cuchillo. Si la superficie de corte es brillante se trata de arcillas y si es mate se trata de limos.

Línea de corte

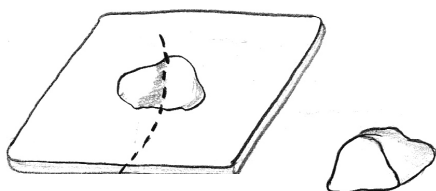


Fig.1.7: Superficie de corte de una arcilla.

### 1.2.6 PLASTICIDAD

Se trata de una identificación basada en el ensayo de determinación del límite plástico (que se explicará en capítulos posteriores).

Consiste en amasar una muestra húmeda sobre una superficie plana, moldeándola para obtener un cilindro de 3mm de diámetro. Si la muestra puede amasarse hasta conseguir dicho diámetro sin desmoronarse se considera que presenta plasticidad y, en caso contrario, es de naturaleza no plástica.

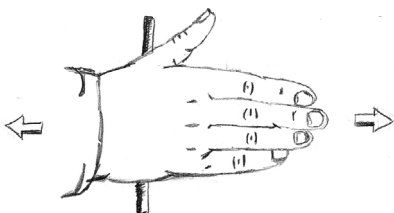


Fig.1.8: Determinación de plasticidad.

### 1.2.7 RESISTENCIA EN SECO

También proporciona información acerca de la plasticidad de un suelo, clasificándolo como limoso o arcilloso.



Fig.1.9: Ejemplo de determinación de resistencia en seco.

Para determinar la resistencia en seco, se deseca la muestra y se desmenuza entre los dedos. Según la resistencia que opone el suelo, se distinguen tres escalones:

RESISTENCIA EN SECO	CARACTERÍSTICA	TIPO DE SUELO
Baja	Se desmenuza con una presión de los dedos ligera o moderada	Limo (poco plástico)
Media	Se desmenuza al aplicar una presión importante en pedazos que conservan cierta cohesión	Mezcla de limos y arcillas (plasticidad media)
Alta	No puede desmenuzarse, sólo romperse	Arcillas (plasticidad alta)

Tabla 1.5: Descripción de la resistencia en seco de un suelo.

### 1.2.8 DILATANCIA

Es otra de las determinaciones para estimar el contenido en limos o arcillas de un suelo cohesivo. Se amasa con las manos una muestra humedecida previamente. El aporte de agua la vuelve brillante.

Según la rapidez con la que dicho brillo aparece, al humedecerla, o desaparece, al presionarla con los dedos, define el contenido de limo y arcilla. Mayor rapidez en la presencia de brillo implica más contenido en arcilla y menor, en limo.



Fig.1.10.a: Arcilla.



Fig.1.10.b: Limo.

### 1.2.9 CONTENIDO EN CARBONATOS

Se determina mediante la adición de gotas de disolución de ácido clorhídrico al 10%. Se distinguen tres categorías:

- Sin carbonatos (0): no se produce efervescencia
- Calcáreo (+): se produce efervescencia clara pero de corta duración
- Altamente calcáreo (++) : efervescencia fuerte y prolongada



Fig.1.11: Reacción de efervescencia.

### 1.2.10 DESCRIPCIÓN DE SUELOS ORGÁNICOS

El olor es un indicador de los suelos orgánicos, se detectan tres tipos:

- Olor a moho, en los suelos orgánicos húmedos, pudiéndose intensificar al calentarlos.
- Olor a sulfuro de hidrógeno, como resultado de componentes orgánicos en estado de putrefacción. Se puede incrementar vertiendo sobre la muestra ácido clorhídrico.
- Olor a tierra mojada, cuando se humedecen arcillas inorgánicas secas.

**1.2.11 CONSISTENCIA**

Se establecen cinco grados de consistencia de un suelo en función de su comportamiento frente a esfuerzos manuales:


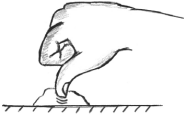

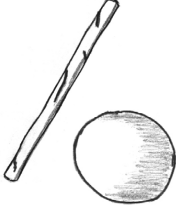
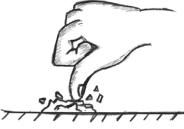
CONSISTENCIA	CARACTERÍSTICA	RESISTENCIA ESTIMADA (kPa)	ESQUEMA
Muy blanda	Se producen exudaciones en los dedos al aplastarlo con las manos. Ninguna resistencia a la presión	< 12,5	
Blanda	Se puede moldear con una ligera presión. Penetra varios centímetros con el dedo pulgar.	12,5 - 25,0	
Firme	No puede moldearse con los dedos, pero permite formar un cilindro de 3mm sin romperse o desmenuzarse. Deja marcada la huella del pulgar.	25,0 - 100	
Dura	Se rompe o desmenuza al intentar hacer el cilindro, pero tiene suficiente humedad para formar una pella. La uña hinca con facilidad.	100 - 200	
Muy dura	Seca y de color clara. No puede conformarse más pero se desmenuza al presionar. Puede rayarse con la uña	> 200	

Tabla 1.6: Grados de consistencia de un suelo.

**1.2.12 GRADO DE DESCOMPOSICIÓN DE LAS TURBAS**

Se evalúa a partir de uno (o más) de estos tres aspectos: presión con la mano sobre la muestra, cantidad de restos vegetales y aspecto de dichos restos (descomposición):

Término	Descomposición	Restos	Presión
Fibroso	No	Claramente reconocible	Sólo agua. Ningún elemento sólido
Pseudofibrosos	Moderado	Reconocible	Agua turbia <50% de sólidos
Amorfo	Completo	No reconocible	Pasta >50% de sólidos

Tabla 1.7: Grado de descomposición de turbas húmedas (Tabla 5, UNE 14688).

**1.3 SIMBOLOGÍA**

Una vez finalizadas la identificación y descripción de las muestras y los ensayos previstos, se realizará el correspondiente informe de resultados, acompañándose la descripción con la simbología comúnmente utilizada.

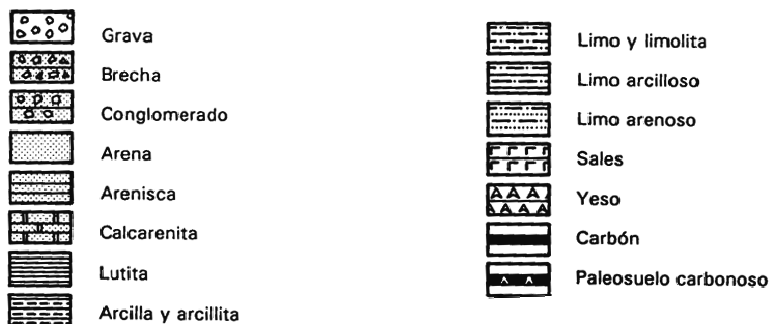


Fig.1.12: Texturas litológicas en suelos. Fuente: Ed Rueda - J.A. Vera Torres



---

## Capítulo 2. Propiedades Índice

---

### 2.1 INTRODUCCIÓN

Las características básicas del suelo que ayudan a identificarlo, agruparlo y clasificarlo dentro de categorías o grupos de similar comportamiento, se denominan Propiedades Elementales. Dentro de las Propiedades Elementales se distinguen dos grupos:

**PROPIEDADES ÍNTRINSECAS:** Son las propiedades que no dependen de la estructura del suelo, es decir, son propiedades que se conservan sea cual sea el tratamiento que se le haya dado a la muestra hasta su ensayo en laboratorio:

- Granulometría
- Límites de Atterberg
- Densidad relativa de las partículas ( $G_s$ )

**PROPIEDADES DE ESTADO:** Son aquellas características del suelo que dependen de su historia geológica, de forma en que se ha tomado la muestra y de la manipulación de ésta hasta la realización de los ensayos en laboratorio. Dichas propiedades se expresan como relación ya que son independientes de la cantidad de muestra analizada. Son:

- Porosidad ( $n$ )
- Índice de Poros ( $e$ )
- Densidad ( $\rho$ ) y peso específico ( $\gamma$ )
- Humedad ( $W$ )
- Grado de Saturación ( $S_r$ )

Estas últimas se obtienen como resultado de relacionar entre sí pesos y volúmenes de cada una de las tres fases del suelo.

En laboratorio se determinan mediante ensayos normalizados: Humedad, Densidad y Densidad relativa de las partículas.

**Para seguir leyendo haga click aquí**