



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

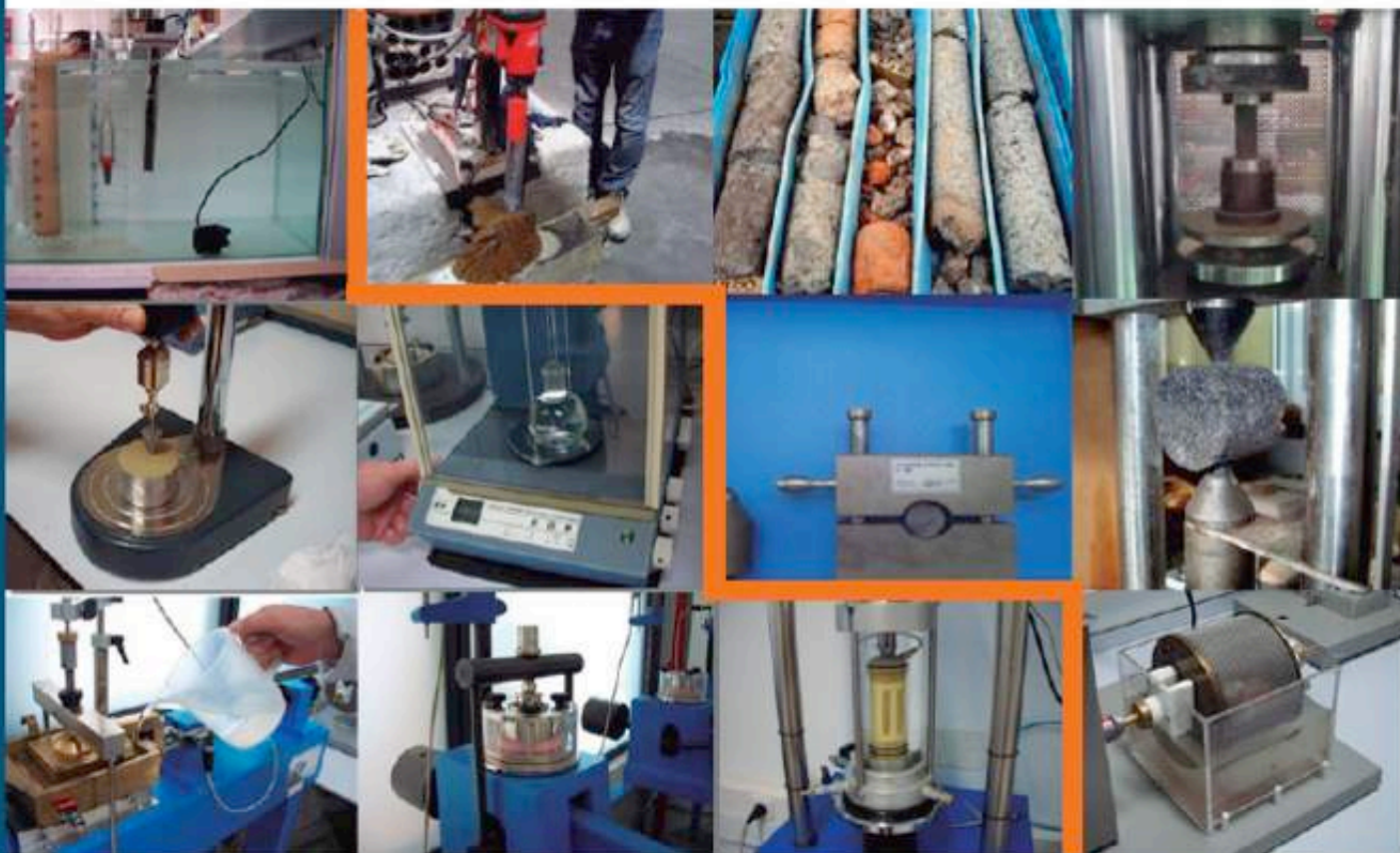


Universidad
de La Laguna



Gobierno de Canarias

Ensayos geotécnicos de suelos y rocas



GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas
Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



R. Tomás J.C. Santamarta, M. Cano, L.E. Hernández, J. García-Barba





Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



Gobierno
de Canarias

Ensayos geotécnicos de suelos y rocas

Roberto Tomás
Juan Carlos Santamarta Cerezal
Miguel Cano
Luis Enrique Hernández Gutiérrez
Javier García Barba

ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE SUELOS Y ROCAS

Este libro ha sido posible mediante la realización de un proyecto de innovación docente denominado “Generación de contenidos digitales en Ingeniería del Terreno: conectando con el mundo profesional” financiado por el Vicerrectorado de Calidad Institucional e Innovación Educativa de la Universidad de La Laguna.

Como citar este material:

Tomás, R., Santamarta, J.C., Cano, M., Hernández-Gutiérrez, L.E., García-Barba, J.(2013).Ensayos geotécnicos de suelos y rocas. Universidades de Alicante y de La Laguna. <http://web.ua.es/es/ginter/> ó <http://ocw.ull.es/> (fecha de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.

EDITA:

Roberto Tomás. Universidad de Alicante
Juan Carlos Santamarta Cerezal. Universidad de La Laguna
Miguel Cano. Universidad de Alicante
Luis Enrique Hernández Gutiérrez. Gobierno de Canarias
Javier García Barba. Universidad de Alicante

DEPÓSITO LEGAL: TF 590-2013
ISBN: 978-846165397-3

1ª Edición: Noviembre 2013
© Los autores, Tenerife, 2013



CONTENIDO

Introducción

Ensayos de suelos

- BS-1377. Determinación del límite líquido de un suelo mediante el método del penetrómetro de cono
- UNE 103-101-95. Análisis granulométrico de suelos por tamizado
- UNE 103-102-95. Análisis granulométrico de suelos finos por sedimentación Método del densímetro
- UNE 103-103-94. Determinación del límite líquido de un suelo por el método del aparato de Casagrande
- UNE 103-104-93. Determinación del límite plástico de un suelo
- UNE 103-300-93. Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa
- UNE 103-301-94. Determinación de la densidad de un suelo por el método de la Balanza Hidrostática
- UNE 103-302-94. Determinación de la densidad relativa de las partículas de un suelo
- UNE 103-400-93. Ensayo de rotura a compresión simple en probetas de suelo
- UNE 103-401-98 (CD). Determinación de los parámetros resistentes de una muestra de suelo en la caja de corte directo. Ensayo consolidado y drenado (CD)
- UNE 103-401-98 (CU). Determinación de los parámetros resistentes de una muestra de suelo en la caja de corte directo. Ensayo consolidado y no drenado (CU)
- UNE 103-401-98 (UU). Determinación de los parámetros resistentes de una muestra de suelo en la caja de corte directo. Ensayo NO consolidado y no drenado (UU)
- UNE 103-402-98 (CD). Determinación de los parámetros resistentes de una muestra de suelo en el equipo triaxial. Ensayo consolidado y drenado (CD)
- UNE 103-402-98 (CU). Determinación de los parámetros resistentes de una muestra de suelo en el equipo triaxial. Ensayo consolidado y no drenado (CU)
- UNE 103-402-98 (UU). Determinación de los parámetros resistentes de una muestra de suelo en el equipo triaxial. Ensayo no consolidado y no drenado (UU)
- UNE 103-405-94. Ensayo de consolidación unidimensional de un suelo en edómetro

Ensayos de rocas

- NLT-231/91. Determinación de la durabilidad al desmoronamiento de rocas blancas
- UNE 22950-2:1990. Determinación indirecta. Ensayo Brasileño
- UNE 22950-5-96. Ensayo de resistencia a carga puntual o Point Load Test (PLT)
- UNE 22-950-90 Parte 1. Determinación de la resistencia a la compresión uniaxial de las rocas
- UNE-EN 103301-94. Determinación de la densidad aparente, método de la balanza hidrostática
- UNE-EN 1097-2:1999. Determinación de la resistencia a la fragmentación por el método Los Ángeles
- UNE-EN 13755:2002. Determinación de la absorción de agua por presión atmosférica de la piedra natural
- UNE-EN 1925:1999. Determinación del coeficiente de absorción de agua por capilaridad de la piedra natural
- UNE-EN 1936:2007. Determinación de la densidad real y aparente y de la porosidad abierta y total

Otros

- Ejecución de un sondeo geotécnico
- Preparación de láminas delgadas de rocas para estudio petrográfico
- Recreación del sifonamiento de un suelo mediante una maqueta

INTRODUCCIÓN

La ingeniería del terreno, concretamente la geotecnia, es una disciplina compleja que requiere unos conocimientos previos importantes de física, geología y resistencia de materiales. Dentro de todo el espectro de materias que engloba a la geotecnia, tiene especial importancia la parte relativa al reconocimiento del terreno, por ello el alumno debe conocer, comprender y manejar, ciertas metodologías y ensayos que va a tener que trabajar en el desarrollo de su profesión. Los ensayos realizados durante las prácticas de laboratorio de geotecnia de las diferentes asignaturas de Ingeniería Civil, Arquitectura, Ingeniería Agraria e Ingeniería Minera y Geológica de la Universidad son desarrollados, en un laboratorio, en general de reducidas dimensiones, por un especialista, con el apoyo de las explicaciones orales del profesor. En consecuencia, la interacción del alumno con el laboratorio es mínima, limitándose a fotografiar los procedimientos normalizados de realización de ensayo y a tomar nota de los valores parciales de los ensayos para la posterior elaboración de su informe de prácticas. Por otro lado, la mayor parte de los ensayos requieren de más de 24 horas para su finalización, lo que hace inviable el completar totalmente los ensayos en una única sesión de prácticas. Es por ello que en este libro se propone la descripción de forma ordenada y detallada la realización de los diferentes ensayos geotécnicos normalizados que corresponden a las diversas prácticas de laboratorio de mecánica de suelos y rocas. De este modo el alumno puede consultar el material cuantas veces lo requiera y desde diferentes lugares, gestionar la visualización de los diferentes ensayos y visualizar de forma continua procedimientos de ensayo de larga duración.

El presente libro ha sido realizado por el profesorado de la Universidad de Alicante (Escuela Politécnica Superior) y la Universidad de La Laguna (Escuela de Ingeniería Civil e Industrial), con la colaboración del Área de Laboratorios del Gobierno de Canarias. Todo ello dentro del marco de la convocatoria de proyectos de innovación docente del Vicerrectorado de Calidad Institucional e Innovación Educativa de la Universidad de La Laguna.

Los autores del material confiamos que sean de utilidad para el profesorado y que contribuya a la mejora del aprendizaje del alumno en estas disciplinas.

Tenerife, noviembre 2013

Los autores.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

ULL

Universidad
de La Laguna



Gobierno
de Canarias

1

Ensayos geotécnicos de suelos



Determinación de la densidad de un suelo

Determinación de la densidad de un suelo por la Balanza Hidrostática



Realización: Grupos GInTE / Ingenia / Interes

UNE 103-301-94





Balanza

Cuchillo tallador y recipiente

Muestra de suelo a ensayar

Parafina

Material:

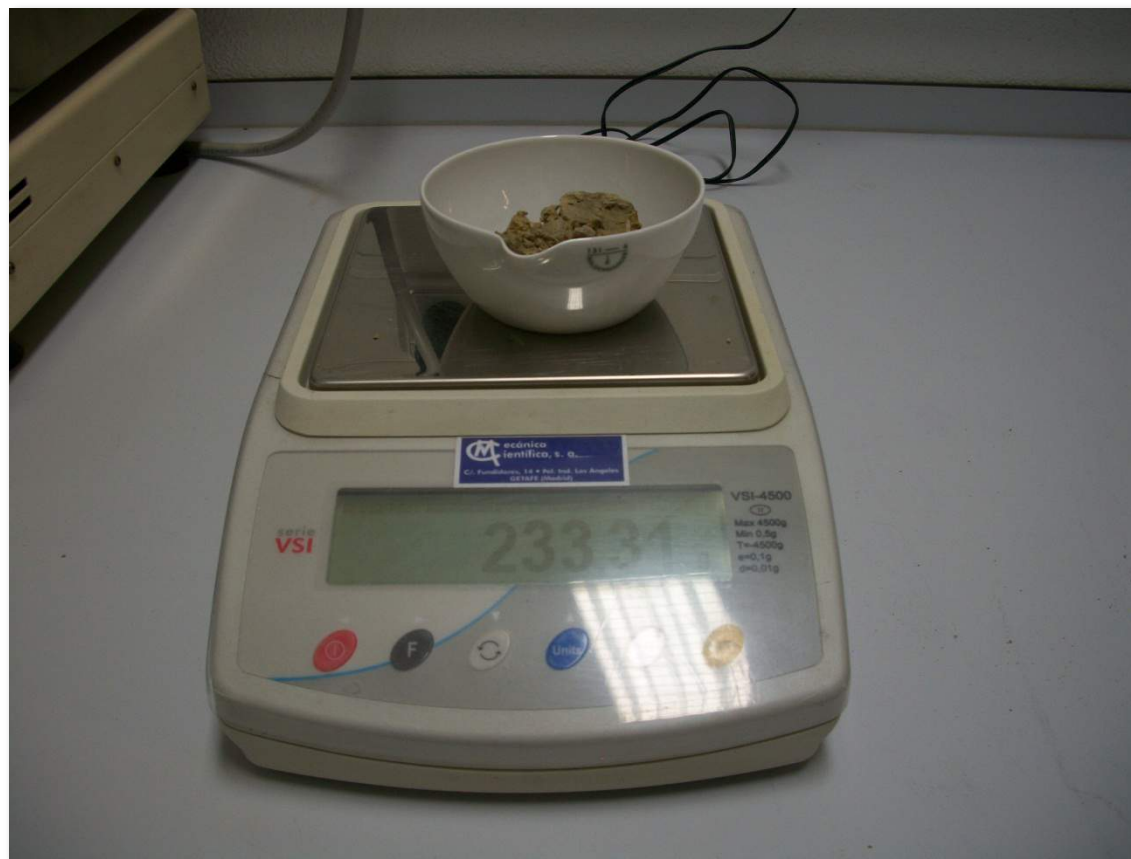
Balanza que se pueda utilizar como hidrostática, parafina, talladores y recipientes





Se toman 2 muestras diferentes del suelo de unos 100 g





De la primera muestra se obtiene la humedad natural por desecado en estufa (se recomienda ver práctica de determinación de la humedad natural de un suelo)

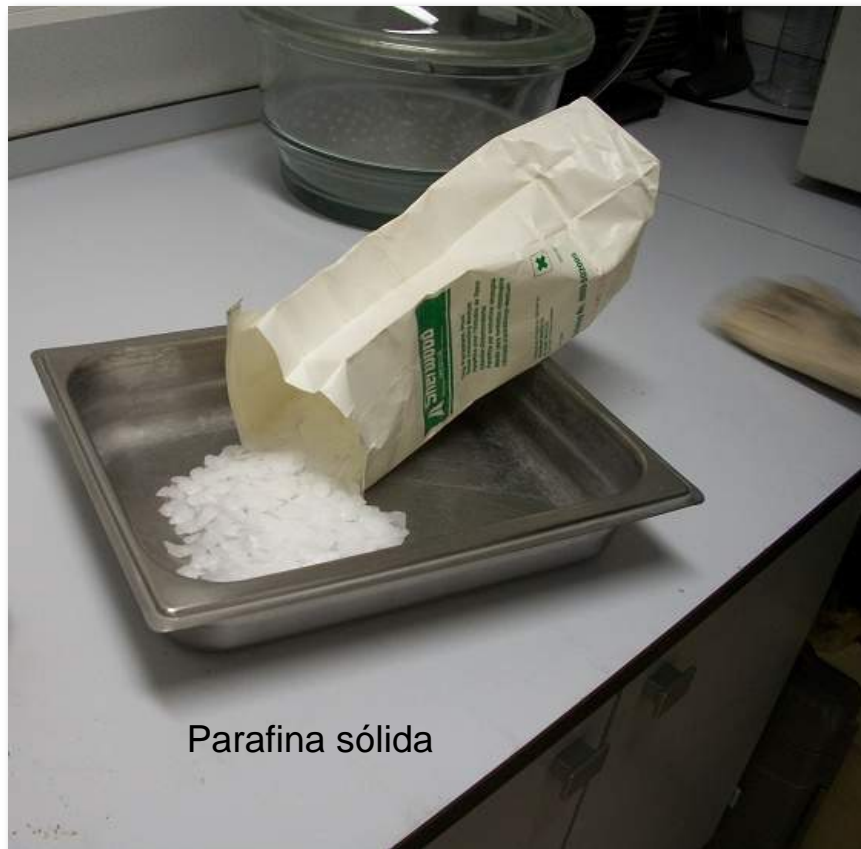




De la segunda muestra se determina su masa

$$WT = W_s + W_w$$





Parafina s3lida



Parafina l3quida

Se calienta la parafina en la estufa hasta que est3 completamente l3quida





Acto seguido la muestra se recubre completamente con parafina





Pesamos la muestra parafinada

$$WTP = W_S + W_w + W_P$$





Calibramos la balanza hidrostática





Se introduce la muestra en la balanza

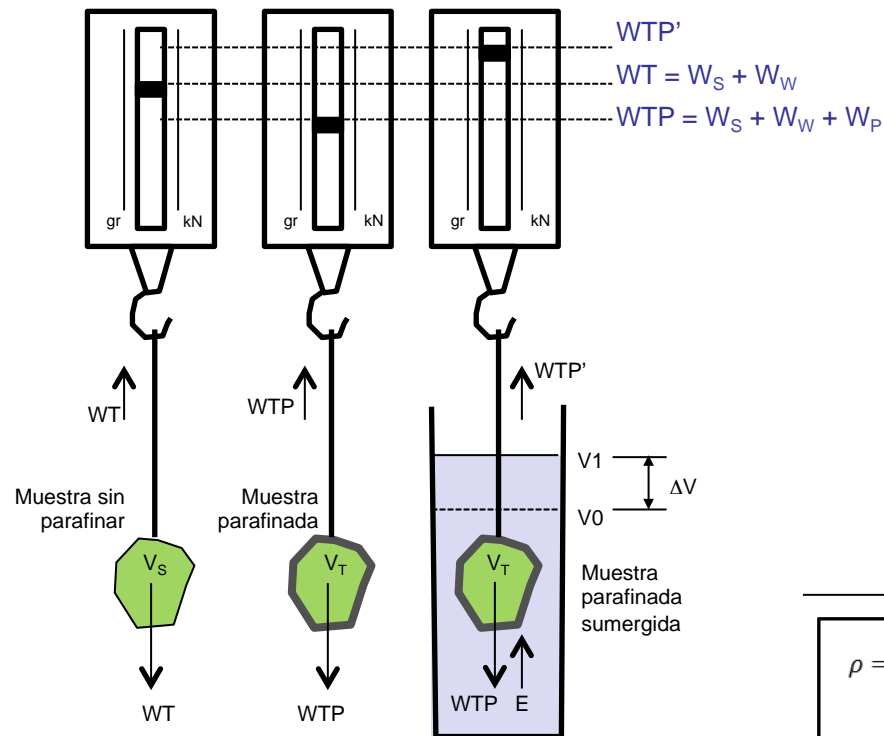




Se determina en balanza hidrostática la masa sumergida de la muestra parafinada

WTP'





WT: Masa total de la muestra = $W_S + W_W$

WTP: Masa total de la muestra parafinada = $W_S + W_W + W_P$

WTP': Masa total de la muestra parafinada sumergida = $WTP - E$

$\rho_{parafina}$: densidad de la parafina (g/cm^3)

W: Humedad natural del suelo determinada por secado en estufa (%)

E: Empuje vertical ascendente (Principio de Arquimedes) = $\Delta V \times \gamma_w$

siendo:

W_S: Masa del sólido

W_W: Masa del agua contenida en el suelo (humedad)

W_P: Masa parafina

V_T: Volumen total de la muestra parafinada = ΔV

V_S: Volumen total de la muestra de suelo

ΔV: Volumen de agua desalojado

V_P: Volumen de parafina = $(WTP - WT) / \rho_{parafina}$

V_S: Volumen total de la muestra de suelo = $WTP - WTP' - V_P$

$$\rho = \left(\frac{WT}{WTP - WTP' - \left(\frac{WTP - WT}{\rho_{parafina}} \right)} \right) \text{ Densidad aparente}$$

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + \frac{w}{100}}$$

Densidad seca

Se calculan los parámetros necesarios para determinar las densidades aparente y seca del suelo a partir de los datos conocidos (en azul)





Profesores

Roberto Tomás Jover (Coordinador UA)

Miguel Cano González (UA)

Javier García Barba (UA)

Juan Carlos Santamarta Cerezal (Coordinador ULL)

Luis Enrique Hernández Gutiérrez (Gobierno de Canarias)

Edición y Montaje

Rubén Carlos Zamora Mozo (UA)

Técnico

Victoriano Rodrigo Ramírez (UA)



**GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)**

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





COMO CITAR ESTE MATERIAL:

Tomás, R., Cano, M., García-Barba, J., Santamarta, J.C., Hernández, L.E., Rodríguez, J.A., Zamora, R. (2013). Prácticas de Ingeniería del Terreno. Universidades de Alicante y de La Laguna. <http://web.ua.es/es/ginter/> ó <http://ocw.ull.es/> (fecha de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.

<http://web.ua.es/es/ginter/>

<http://ocw.ull.es/>

<http://web.ua.es/es/interes/interes-ingenieria-del-terreno-y-sus-estructuras.html>

<http://webpages.ull.es/users/jcsanta/>



GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



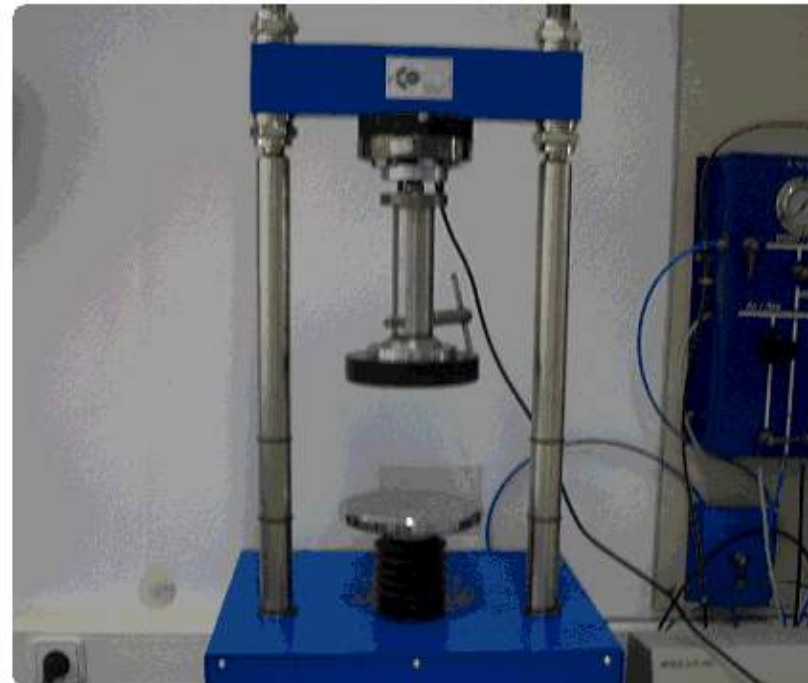
Gobierno de Canarias





Ensayo Compresión simple

Ensayo de rotura a compresión simple en probetas de suelo



Realización: Grupos GInTE / Ingenia / Interes

UNE 103-400-93





Material:

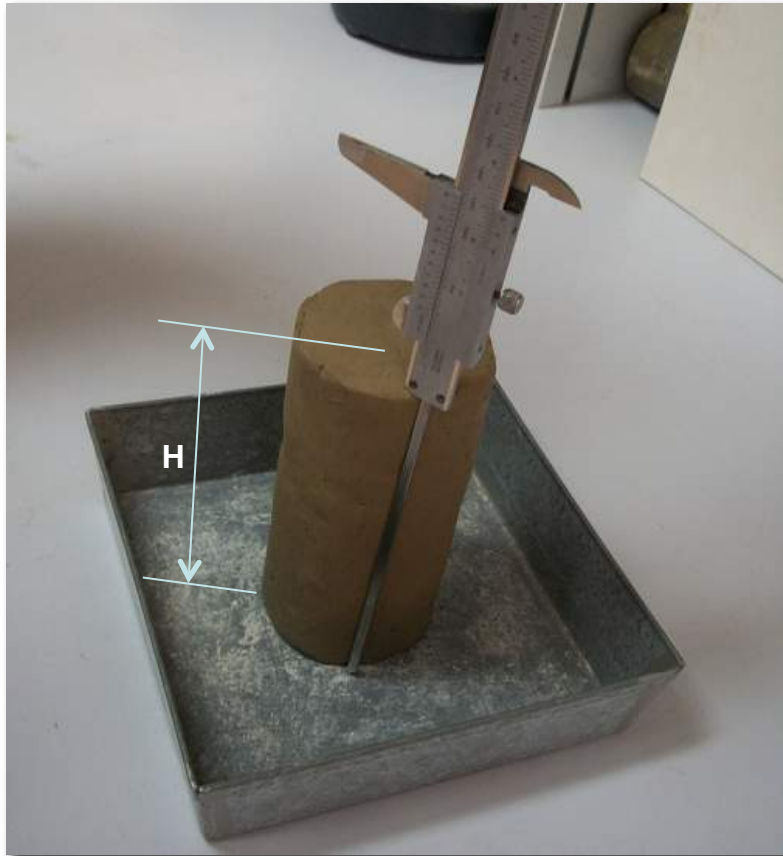
Utensilios de tallado y prensa para rotura de probetas.





Preparación de la muestra por remoldeo, por tallado o por extracción por empuje o corte del tubo del tomamuestras.





La relación de altura (H) a diámetro (\emptyset) debe encontrarse entre 2 y 2.5.

$$2,0 \leq \frac{H}{\emptyset} \leq 2,5$$



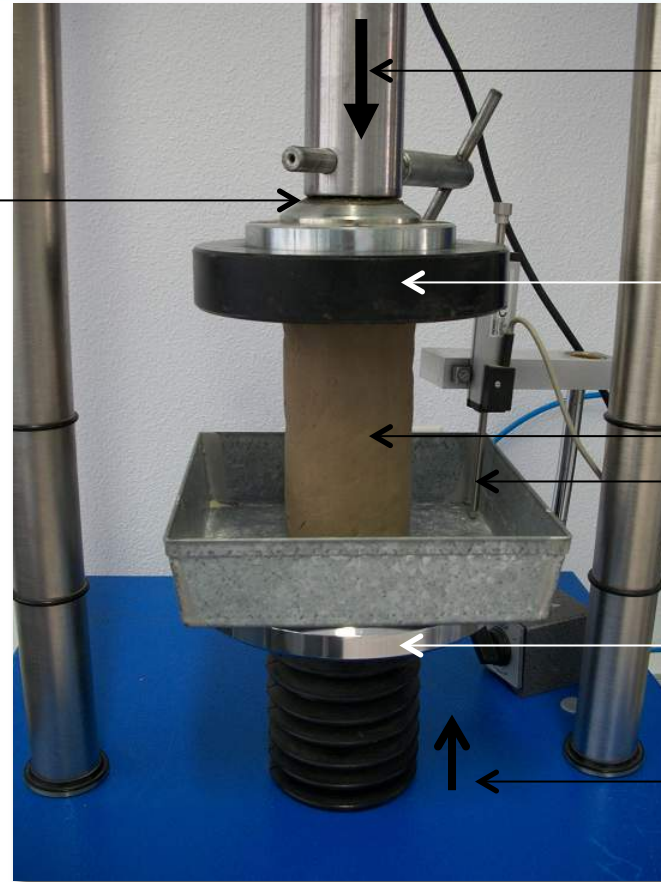


Se pesa la probeta antes de ser ensayada





Rótula para
asegurar una
carga uniforme



Fuerza axial (N)

Plato superior

Probeta de suelo

Medidor de desplazamiento
(LVDT)

Plato Inferior

Velocidad de
avance constante

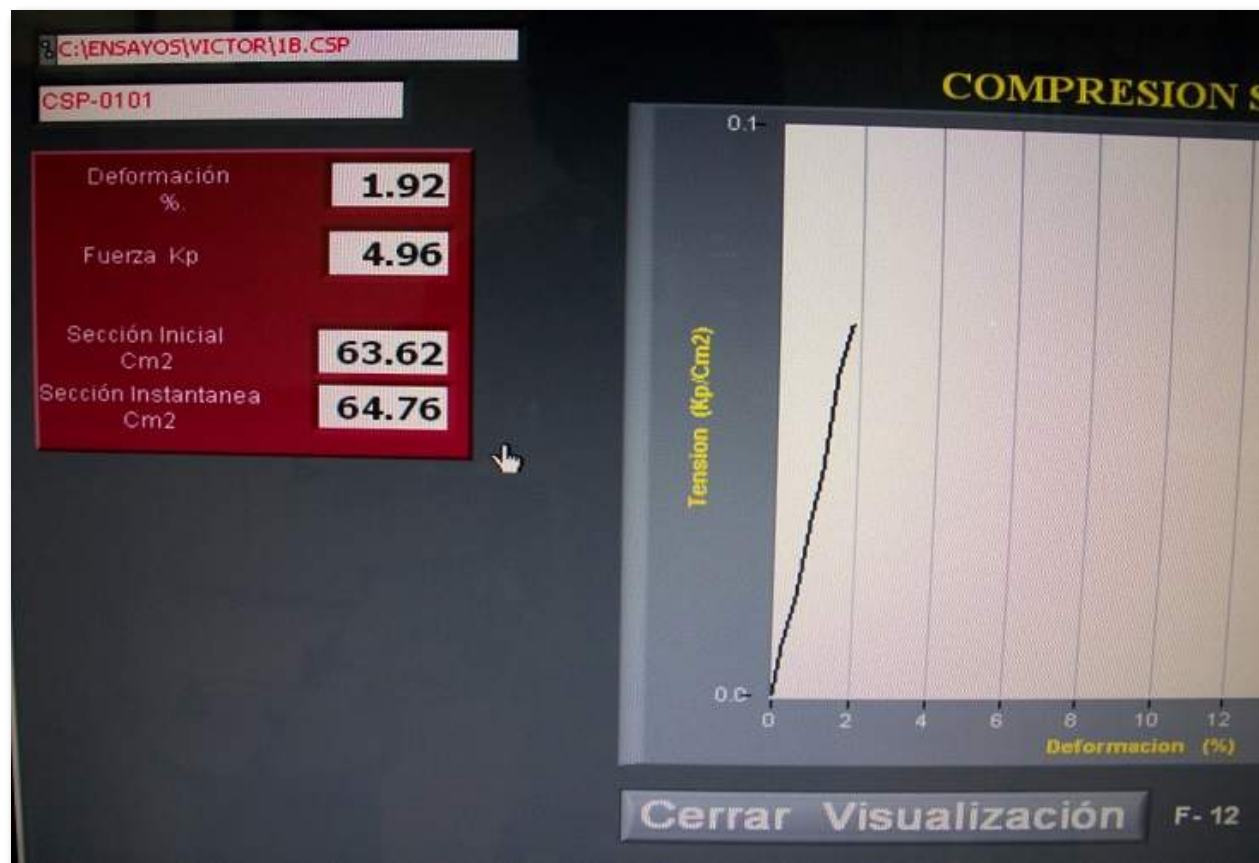
Se coloca la muestra en el aparato de carga de tal manera que quede centrado en la pletina inferior y la platina superior apenas haga contacto con la muestra





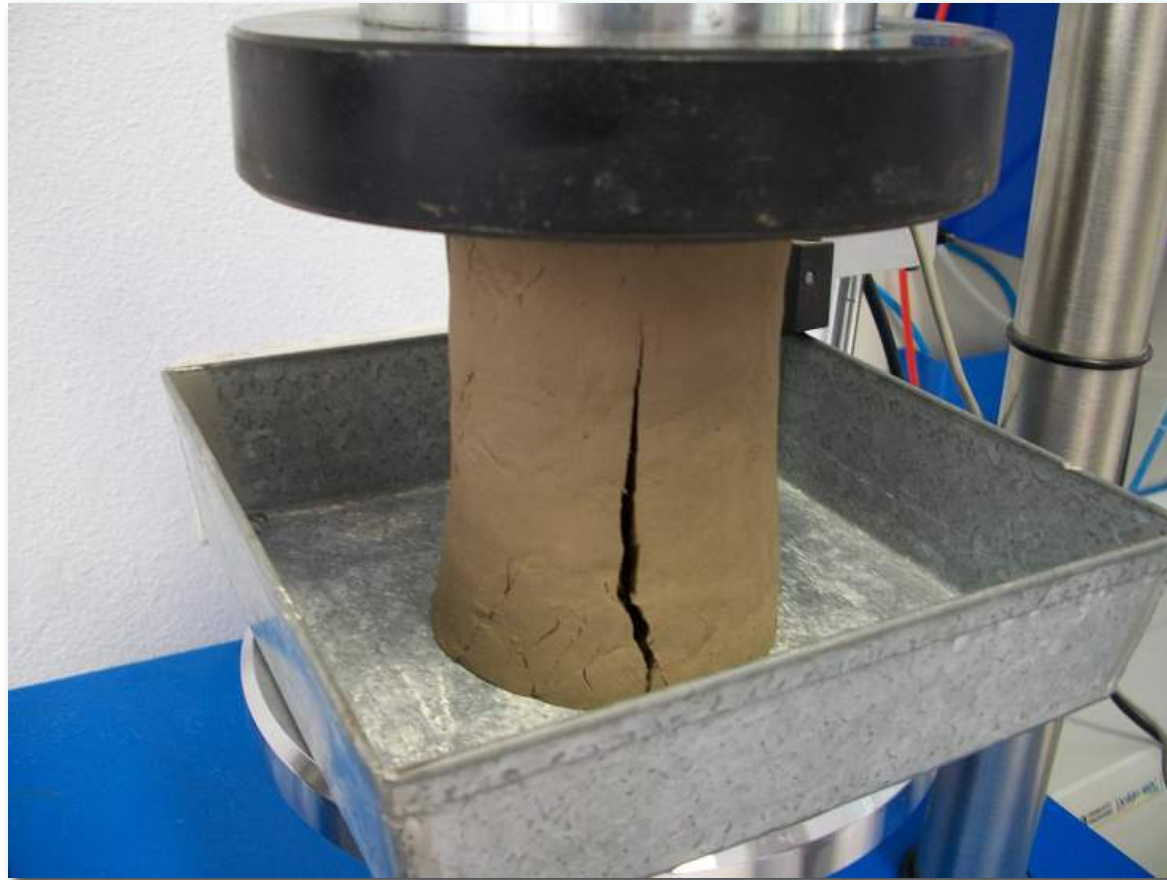
Se lleva a "0" el indicador de deformación y se aplica la carga de tal manera que se produzca una deformación axial a una velocidad de 2 a 2.5% por minuto





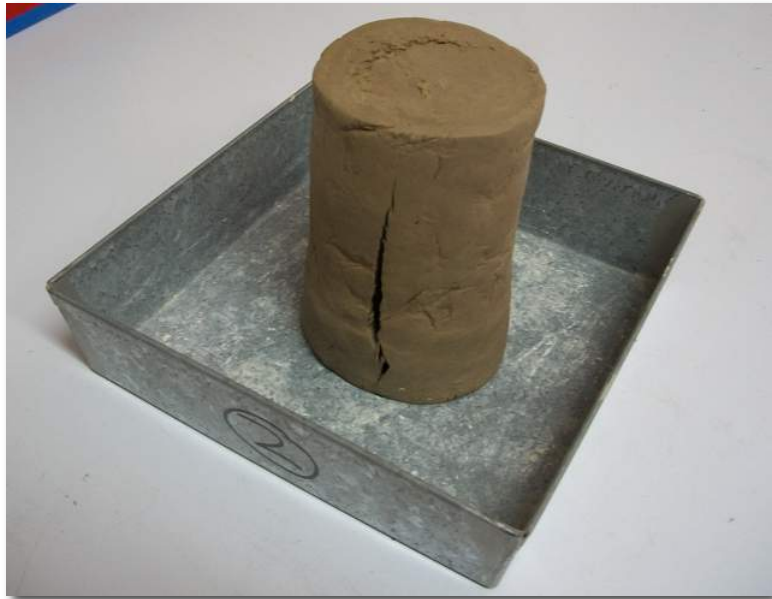
Se toman las medidas de las deformaciones y las cargas cada treinta segundos hasta que estas comienzan a disminuir o bien hasta que la deformación axial sea del 15%. Tomándose lo que antes suceda



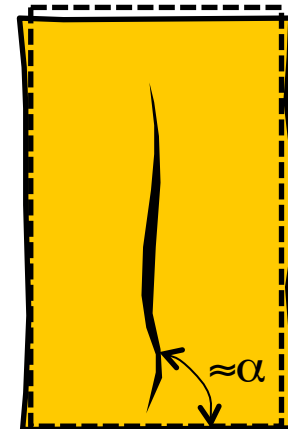


La rotura de la probeta se alcanzará cuando la carga axial (N) comience a disminuir o cuando la deformación axial (ε) sea del 15%, adoptándose como valor de rotura (N_R) el correspondiente a la carga que antes se alcance.





Fotografía de la probeta
ensayada



Esquema de la forma de rotura
de la probeta ensayada

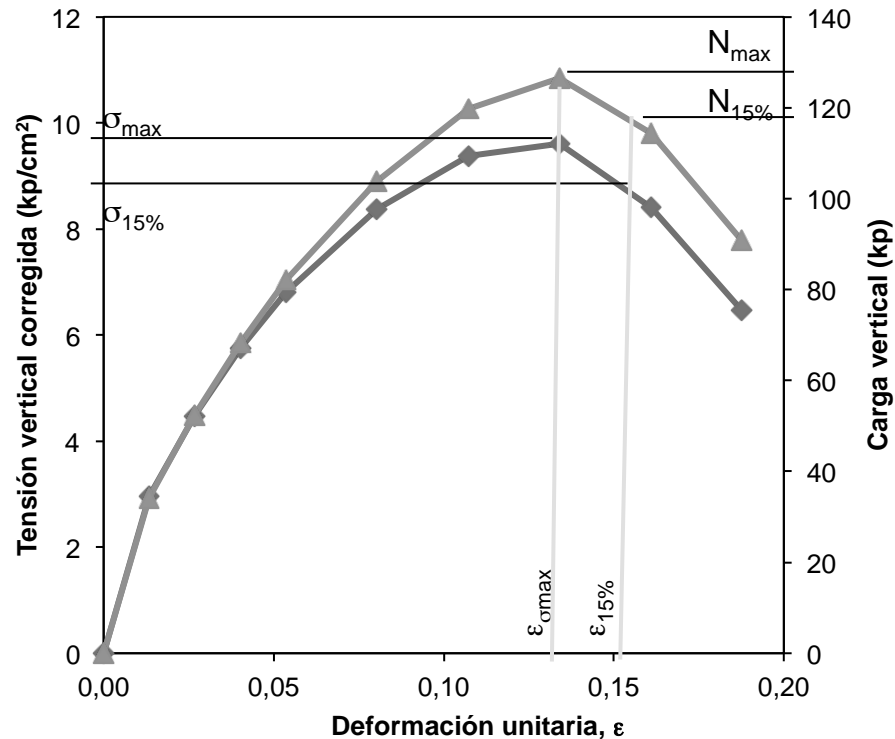
Finalizado el ensayo, se realiza un esquema de la forma de rotura y se mide el ángulo del plano de rotura (α) siempre que sea posible.





Para finalizar se introduce la probeta en la estufa para determinar su humedad natural





N_{max} : Valor de la carga máxima alcanzada

$N_{15\%}$: Valor de la carga correspondiente al 15% de deformación

\varnothing : diámetro de la probeta.

N_R es igual al valor antes alcanzado de entre N_{max} y $N_{15\%}$

En tensiones, la resistencia a compresión simple puede expresarse también como el valor antes alcanzado de entre σ_{max} y $\sigma_{15\%}$:

σ_{max} : Tensión máxima alcanzada

$\sigma_{15\%}$: Tensión correspondiente al 15% de la deformación

El área corregida (A_c) para cada deformación unitaria (ϵ) se calcula como:

$$A_c = \frac{\pi \frac{\varnothing^2}{4}}{1 - \epsilon}$$

Siendo el valor del área corregida en rotura ($A_{c,rotura}$) el calculado con la expresión anterior para $\epsilon = \epsilon_{rotura}$.

Resistencia a compresión simple

$$q_u = \frac{N_R}{A_{c,rotura}}$$

La resistencia a compresión simple (q_u) del suelo se expresa como el cociente de la carga de rotura (N_R) y el área corregida de la probeta (A_c)





Profesores

Roberto Tomás Jover (Coordinador UA)

Miguel Cano González (UA)

Javier García Barba (UA)

Juan Carlos Santamarta Cerezal (Coordinador ULL)

Luis Enrique Hernández Gutiérrez (Gobierno de Canarias)

Edición y Montaje

Rubén Carlos Zamora Mozo (UA)

Técnico

Victoriano Rodrigo Ramírez (UA)



**GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)**

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





COMO CITAR ESTE MATERIAL:

Tomás, R., Cano, M., García-Barba, J., Santamarta, J.C., Hernández, L.E., Rodríguez, J.A., Zamora, R. (2013). Prácticas de Ingeniería del Terreno. Universidades de Alicante y de La Laguna. <http://web.ua.es/es/ginter/> ó <http://ocw.ull.es/> (fecha de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.

<http://web.ua.es/es/ginter/>

<http://ocw.ull.es/>

<http://web.ua.es/es/interes/interes-ingenieria-del-terreno-y-sus-estructuras.html>

<http://webpages.ull.es/users/jcsanta/>



GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





Ensayo Corte Directo (CD)

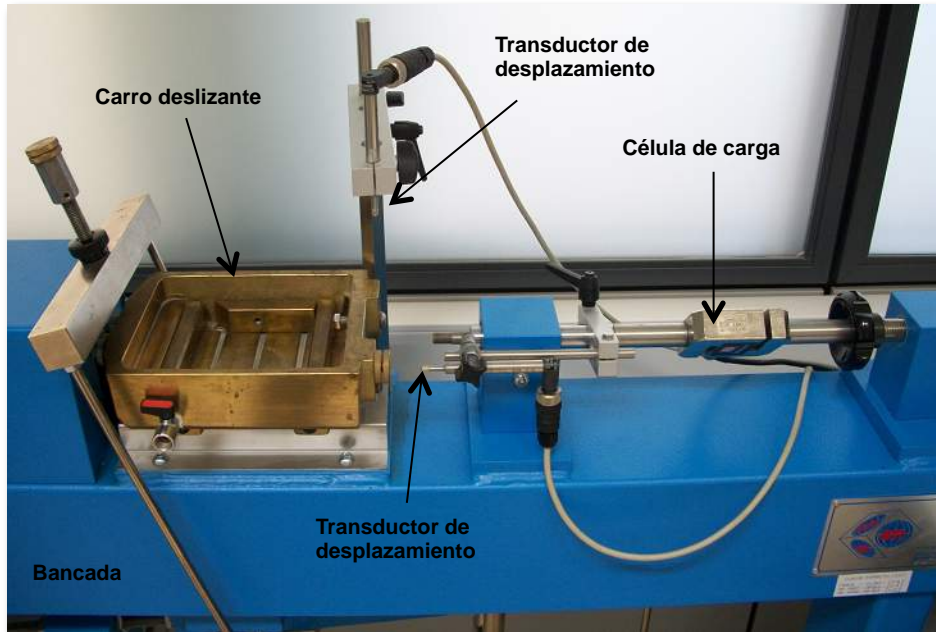
Determinación de los parámetros resistentes de una muestra de suelo en la caja de corte directo



Realización: Grupos GInTE / Ingenia / Interes

UNE 103-401-98

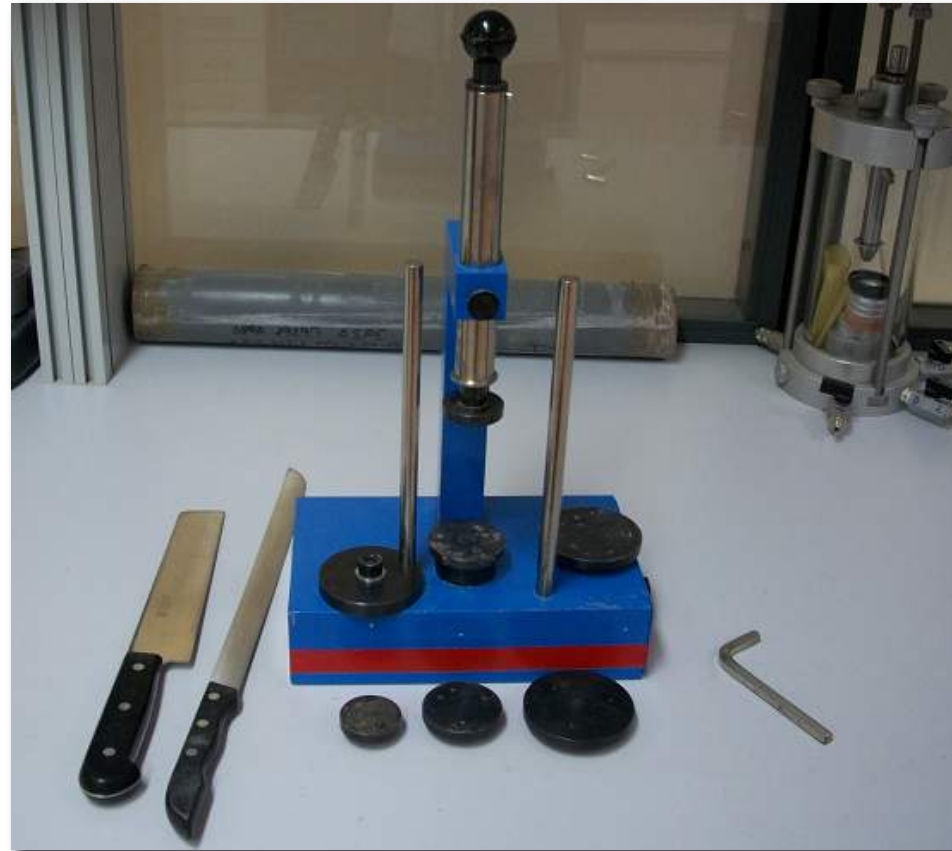




Material:

Aparato de corte directo, caja de corte directo y tallador de probetas





Tallador de muestras con diferentes diámetros





Tallado de 3 probetas del mismo suelo para la realización de los 3 ensayos





Probeta de suelo tallada





Ensayo consolidado-drenado (CD)

Se coloca la muestra en la caja de corte y se enrasa





Ensayo consolidado-drenado (CD)

Muestra enrasada en la caja de corte

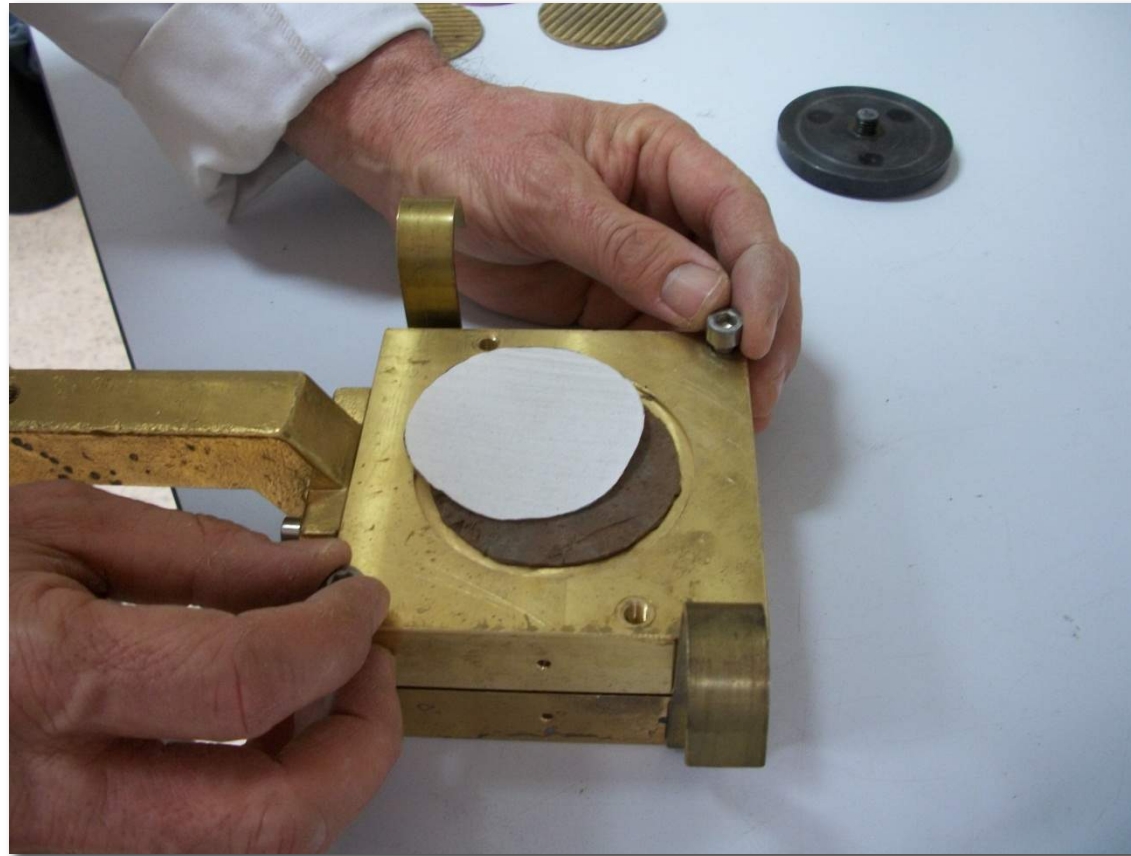




Ensayo consolidado-drenado (CD)

Colocamos el papel de filtro en la parte inferior de la caja, para evitar que se escapen partículas de la muestra durante el ensayo

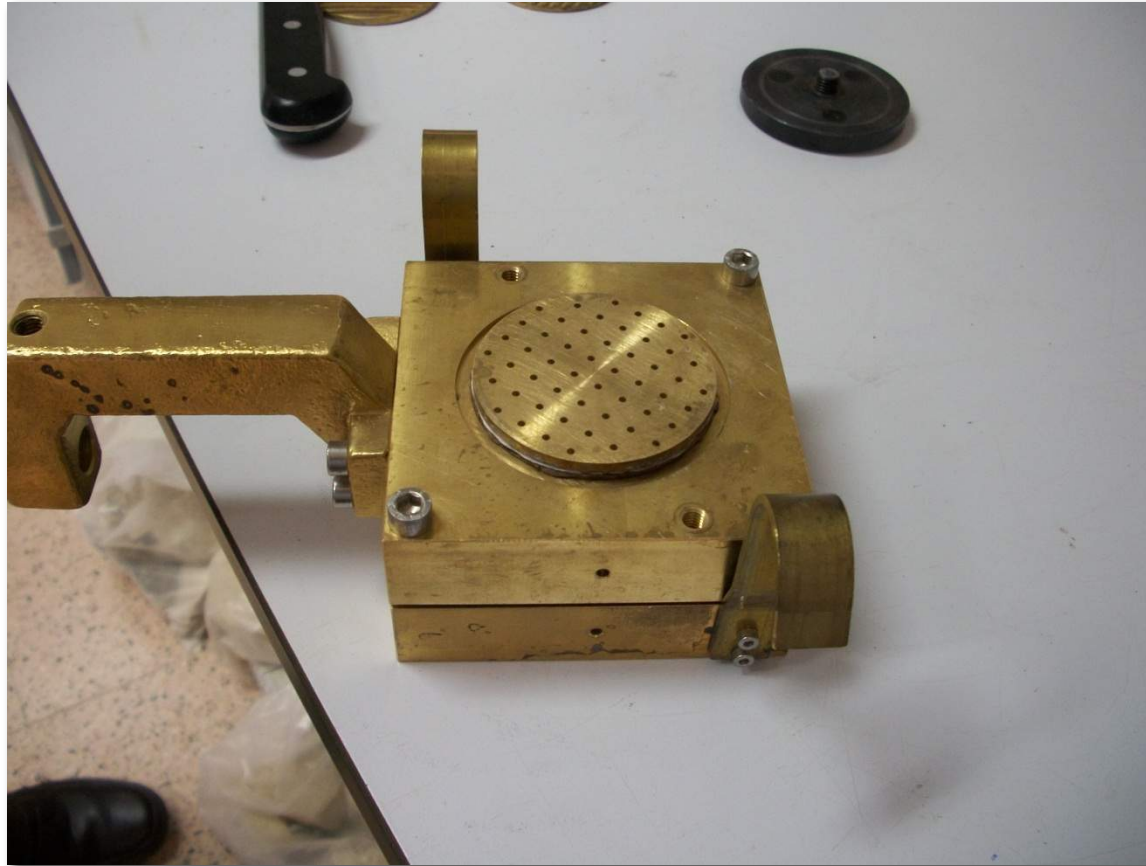




Ensayo consolidado-drenado (CD)

Montamos y fijamos la parte superior de la caja, colocando otro papel de filtro encima de la muestra

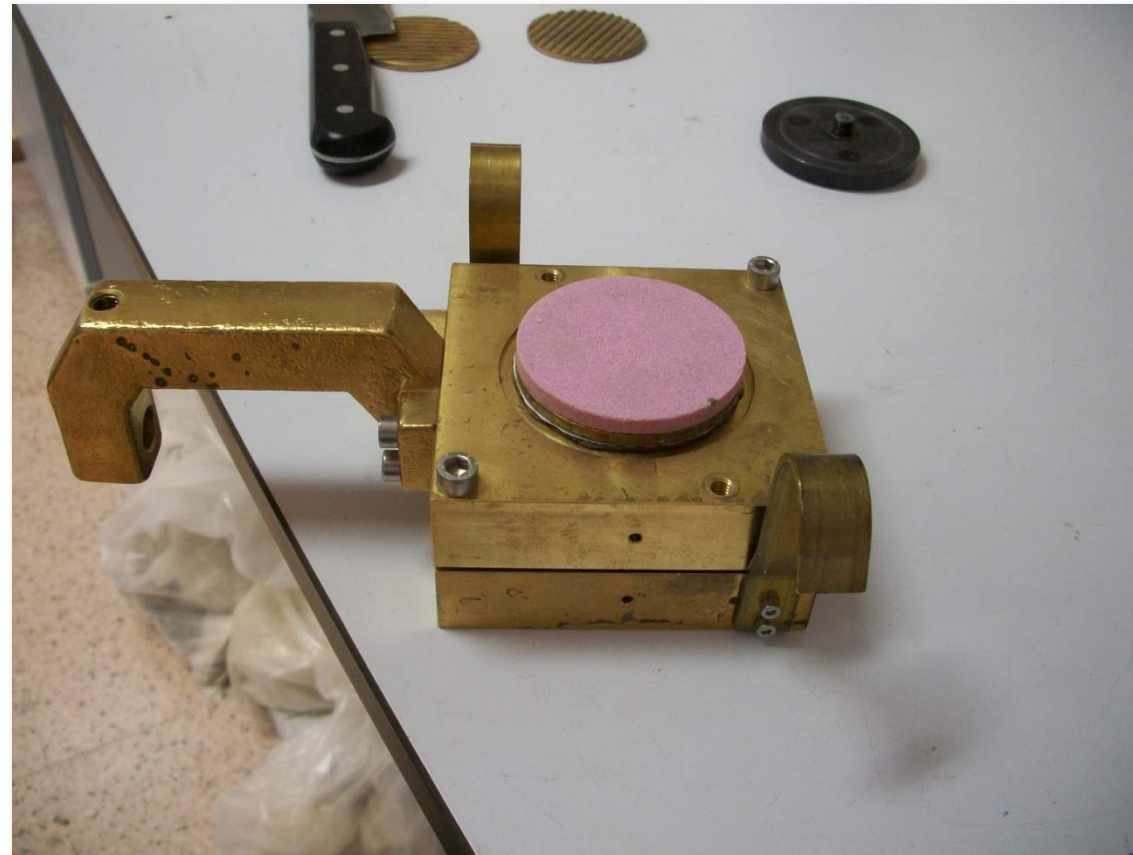




Ensayo consolidado-drenado (CD)

Colocamos la placa perforada para el drenado





Ensayo consolidado-drenado (CD)

Colocamos la placa porosa





Ensayo consolidado-drenado (CD)

Montamos el pistón de carga, y ya estaría montada la caja de corte

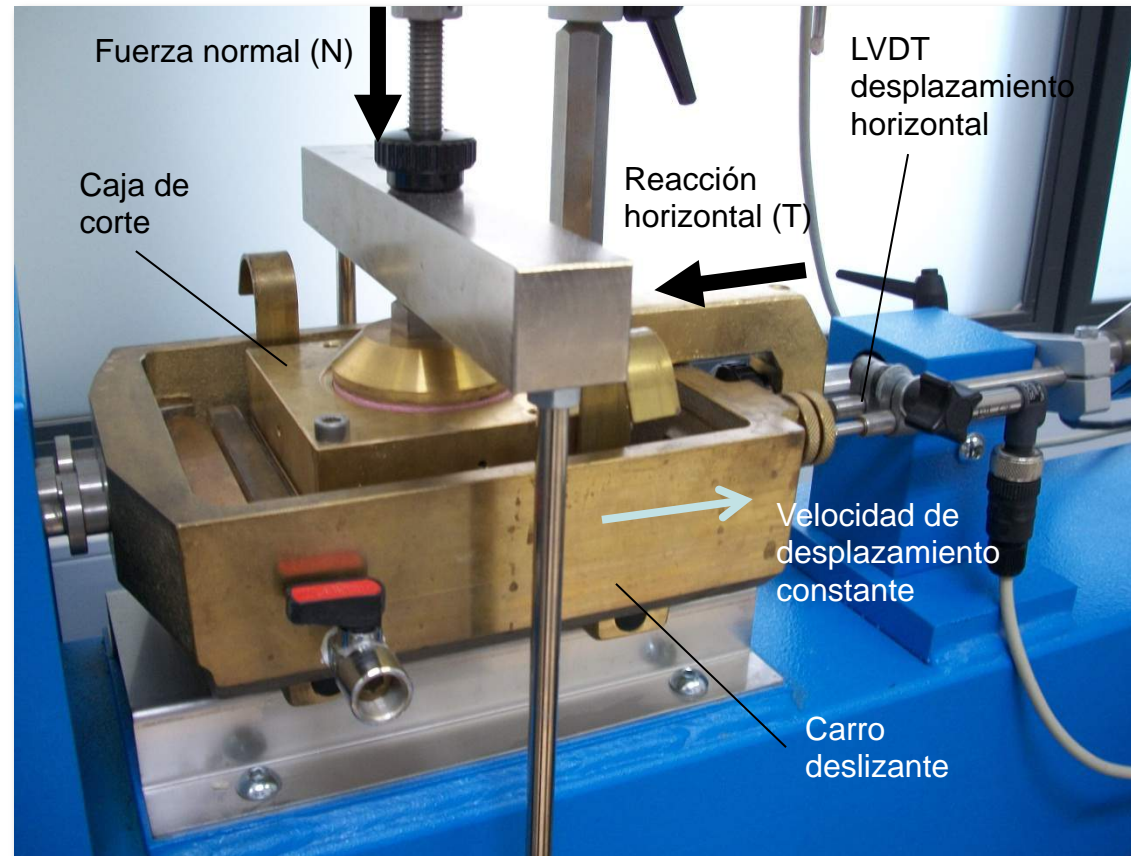




Ensayo consolidado-drenado (CD)

Del suelo sobrante durante el proceso de tallado, se toma una muestra para calcular la humedad natural





Ensayo consolidado-drenado (CD)

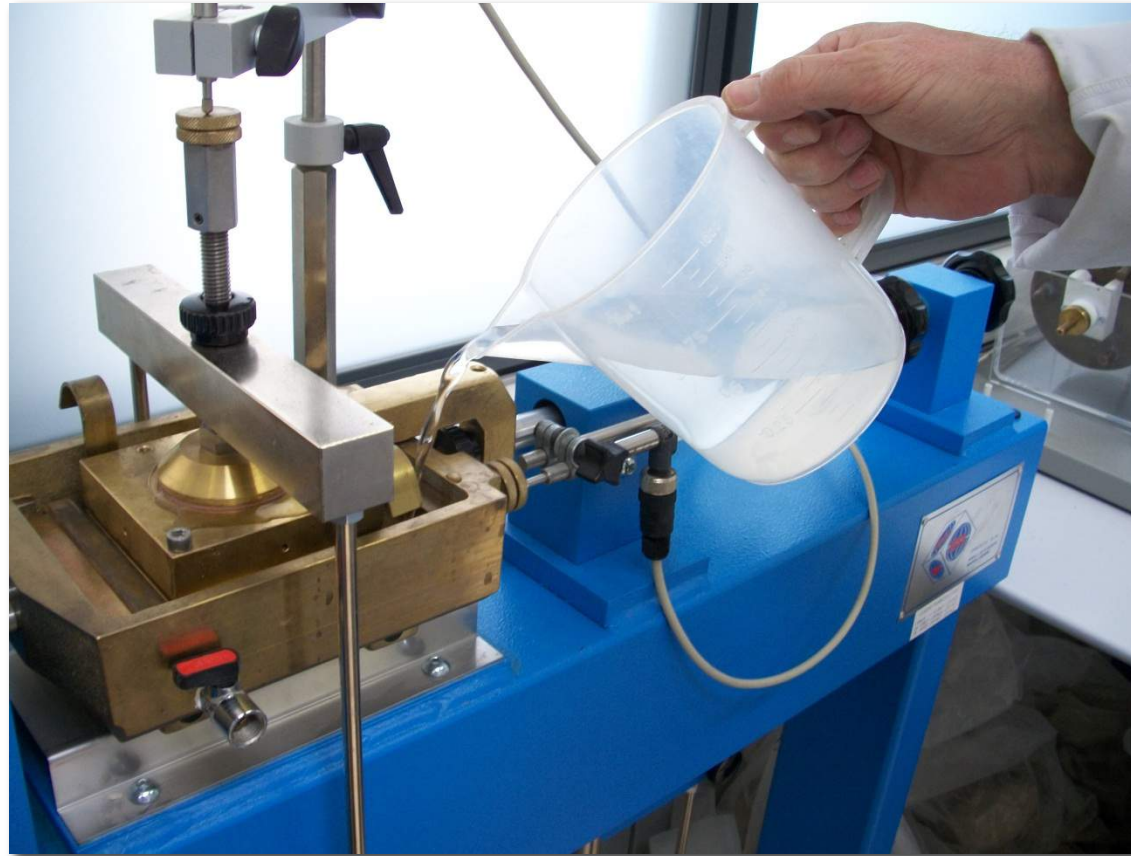
Se coloca la caja montada en el aparato de corte





Se colocan las pesas necesarias en el colgadero para conseguir la tensión vertical deseada permitiendo el drenaje libre del agua hasta finalizar el proceso de consolidación primaria del suelo para a continuación iniciar el ensayo.

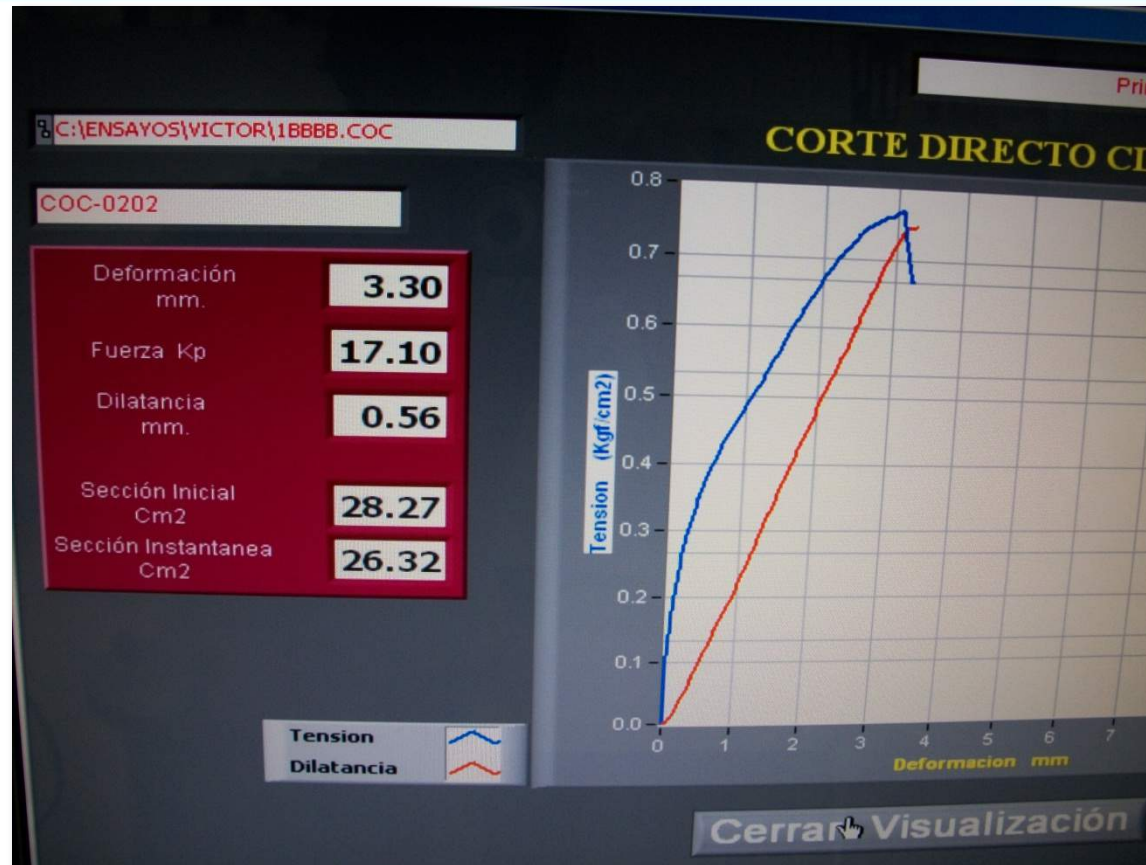




Ensayo consolidado-drenado (CD)

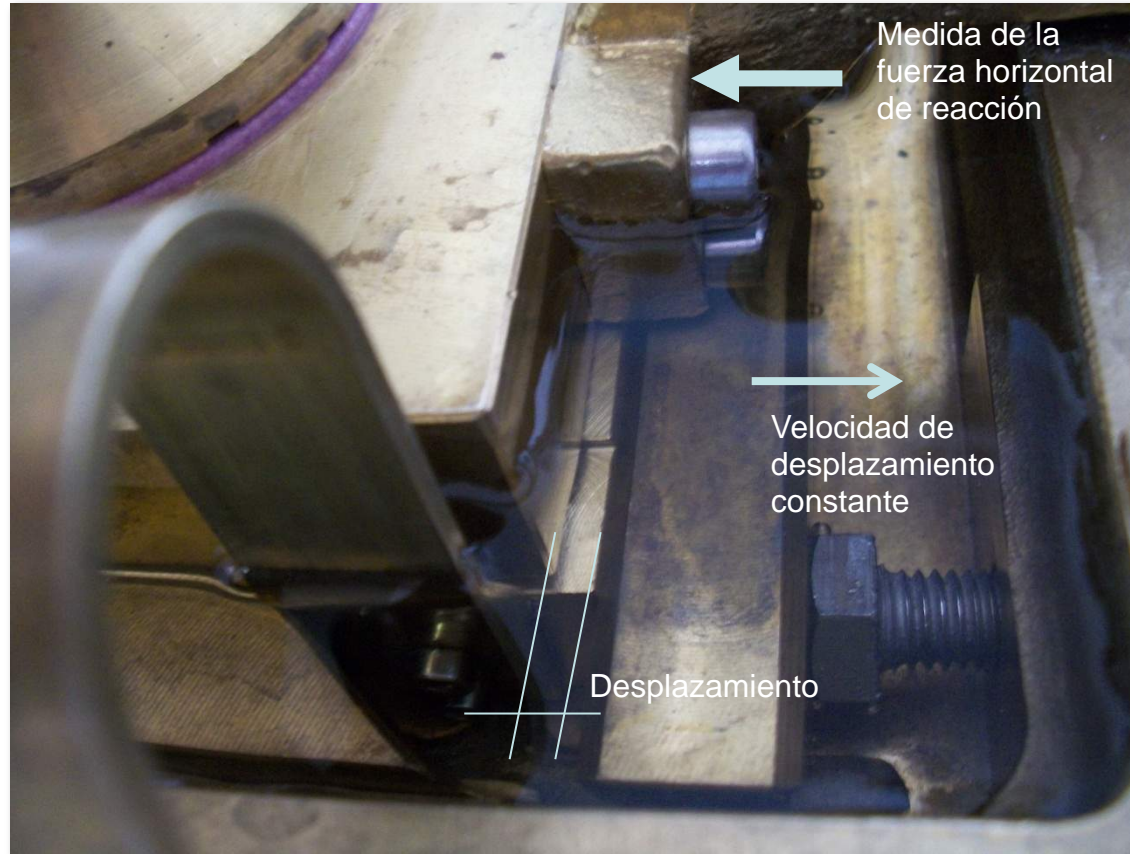
Se llena tan pronto como sea posible con agua destilada hasta el nivel superior de la probeta, y se mantiene así todo el ensayo





Se pone en marcha el motor. El ensayo continua hasta que la probeta de suelo rompe. La velocidad deberá ser lo suficientemente lenta como para que no se originen presiones intersticiales, permitiendo el libre drenaje del agua de los poros.

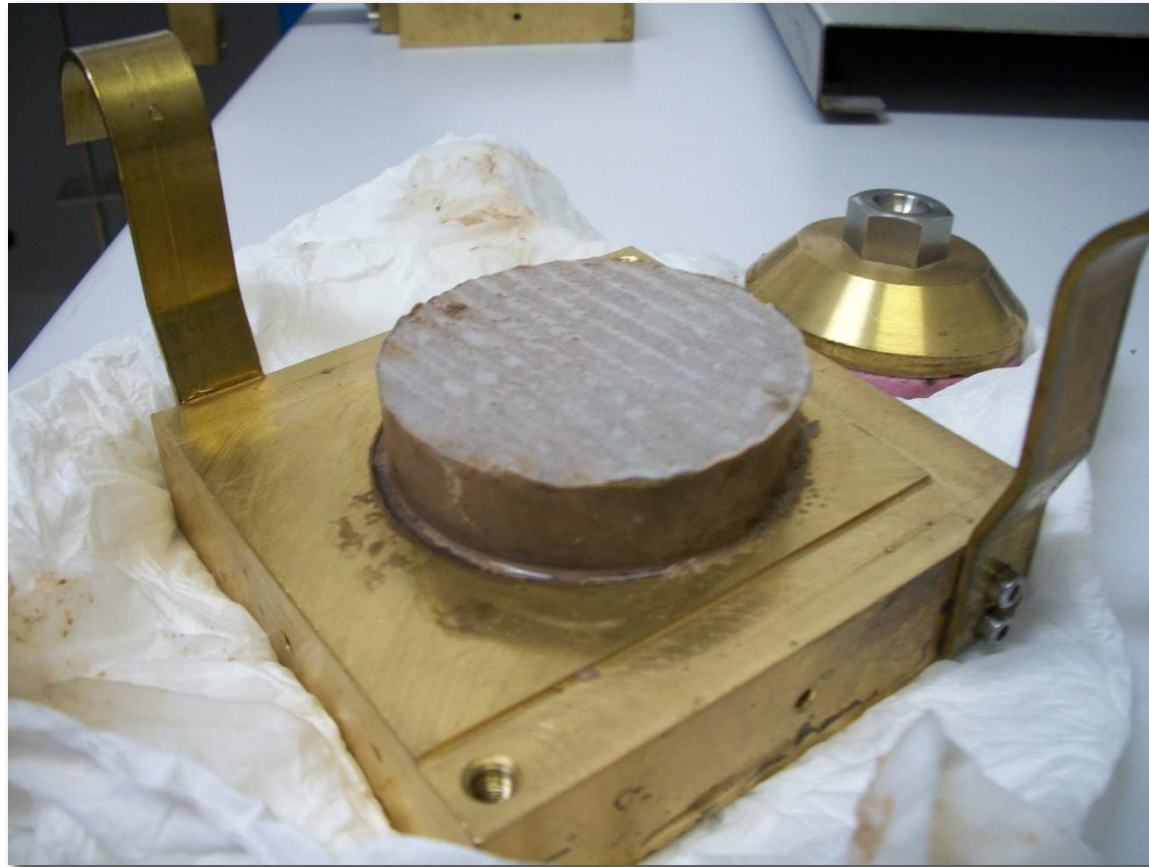




Ensayo consolidado-drenado (CD)

Detalle del desplazamiento entre las dos partes de la caja de corte





Ensayo consolidado-drenado (CD)

Se desmonta la caja del aparato de corte





Ensayo consolidado-drenado (CD)

Detalle de la probeta del suelo después del ensayo

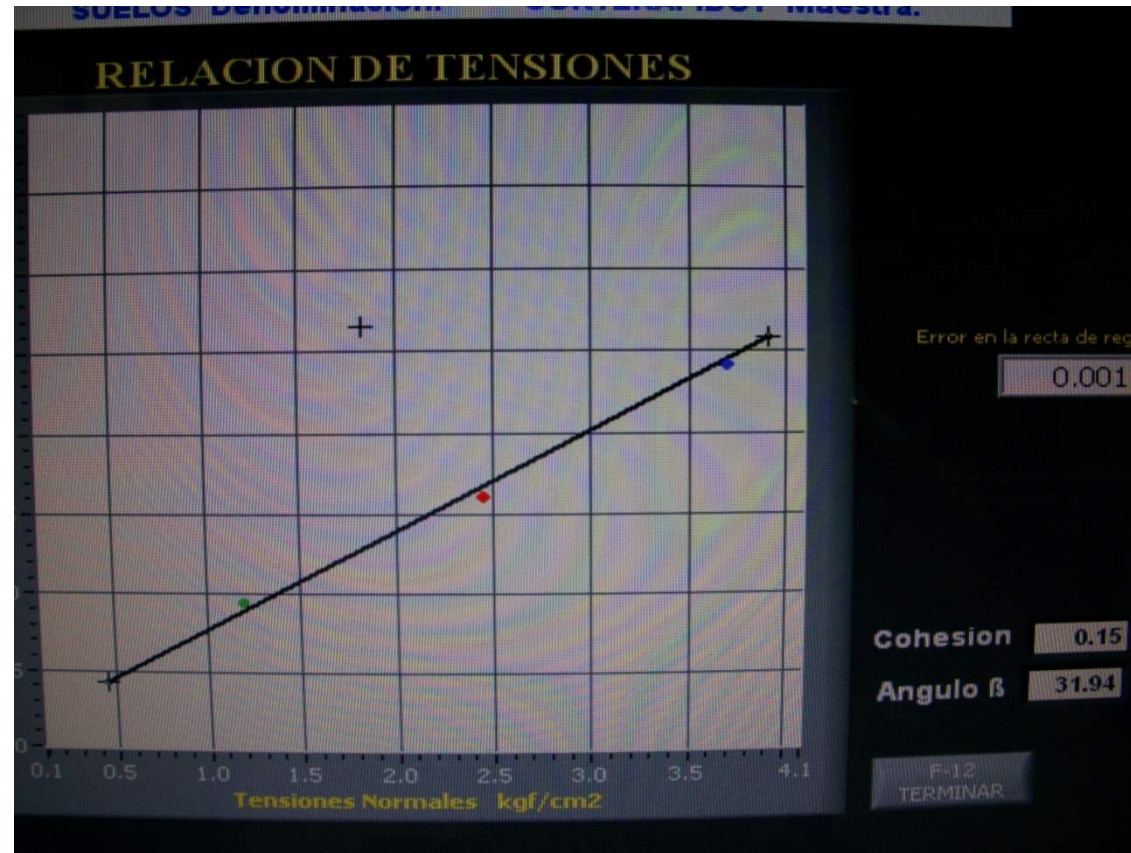




Ensayo consolidado-drenado (CD)

El programa nos dará las gráficas tensión-desplazamiento





Ensayo consolidado-drenado (CD)

Al igual que los datos de la cohesión y el ángulo de rozamiento





Ensayo consolidado-drenado (CD)

Colocamos parte de la muestra ensayada en un recipiente

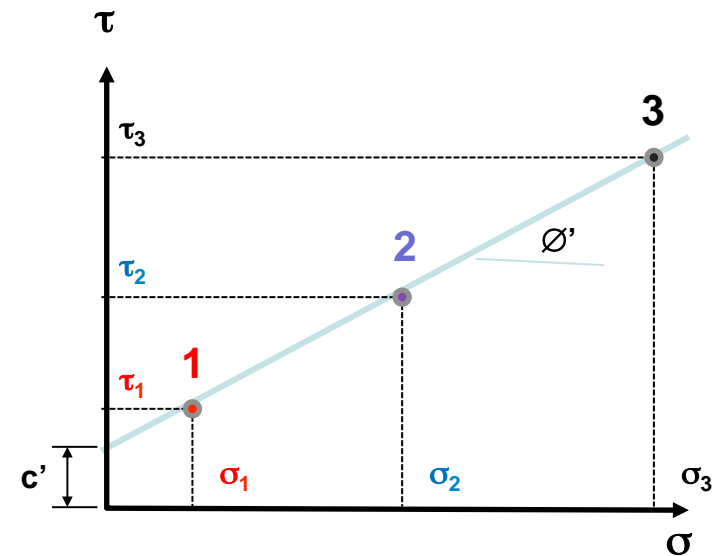
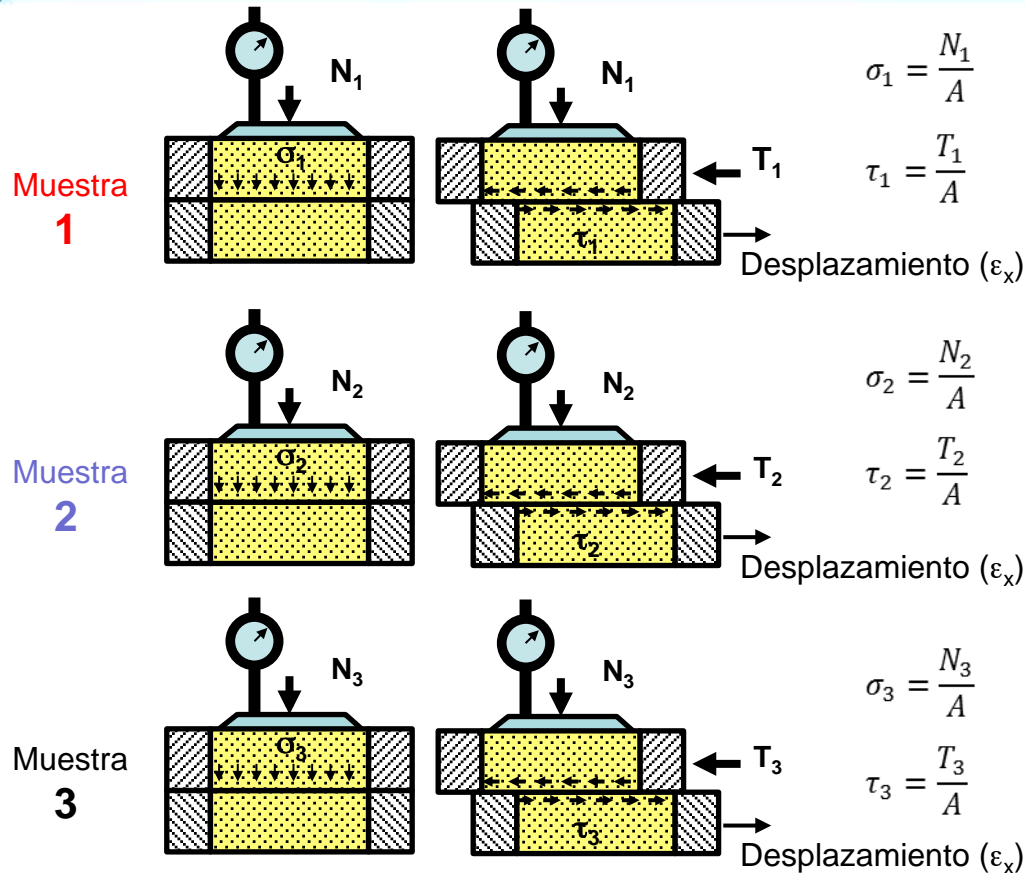




Ensayo consolidado-drenado (CD)

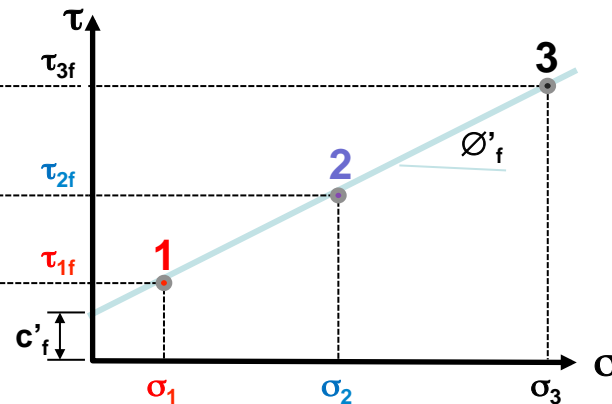
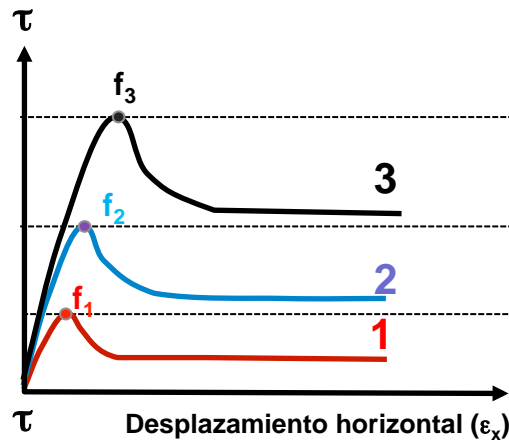
Secamos la muestra en estufa para calcular su humedad final



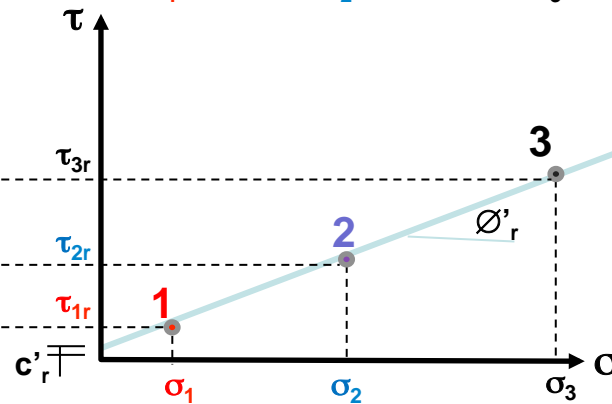
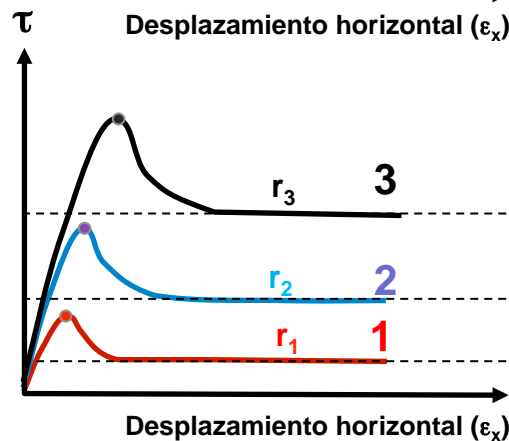


Al romper tres probetas del mismo suelo sometidas a diferentes tensiones normales (σ_1 , σ_2 y σ_3), obtenemos los respectivos valores de resistencia al corte (τ_1 , τ_2 y τ_3) que nos permiten calcular el **ángulo de rozamiento** y la **cohesión efectivos**.





VALORES
CORTE EN
ROTURA
(ϕ'_f y c'_f)



VALORES
CORTE
RESIDUALES
(ϕ'_r y c'_r)

Obsérvese que la recta del criterio de rotura puede definirse a partir de valores de corte en rotura (failure, f) o residuales (residual, r) por lo que podemos definir **parámetros de corte efectivos en rotura o residuales**.





Profesores

Roberto Tomás Jover (Coordinador UA)

Miguel Cano González (UA)

Javier García Barba (UA)

Juan Carlos Santamarta Cerezal (Coordinador ULL)

Luis Enrique Hernández Gutiérrez (Gobierno de Canarias)

Edición y Montaje

Rubén Carlos Zamora Mozo (UA)

Técnico

Victoriano Rodrigo Ramírez (UA)



**GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)**

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





COMO CITAR ESTE MATERIAL:

Tomás, R., Cano, M., García-Barba, J., Santamarta, J.C., Hernández, L.E., Rodríguez, J.A., Zamora, R. (2013). Prácticas de Ingeniería del Terreno. Universidades de Alicante y de La Laguna. <http://web.ua.es/es/ginter/> ó <http://ocw.ull.es/> (fecha de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.

<http://web.ua.es/es/ginter/>

<http://ocw.ull.es/>

<http://web.ua.es/es/interes/interes-ingenieria-del-terreno-y-sus-estructuras.html>

<http://webpages.ull.es/users/jcsanta/>



GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





Ensayo Corte Directo (CU)

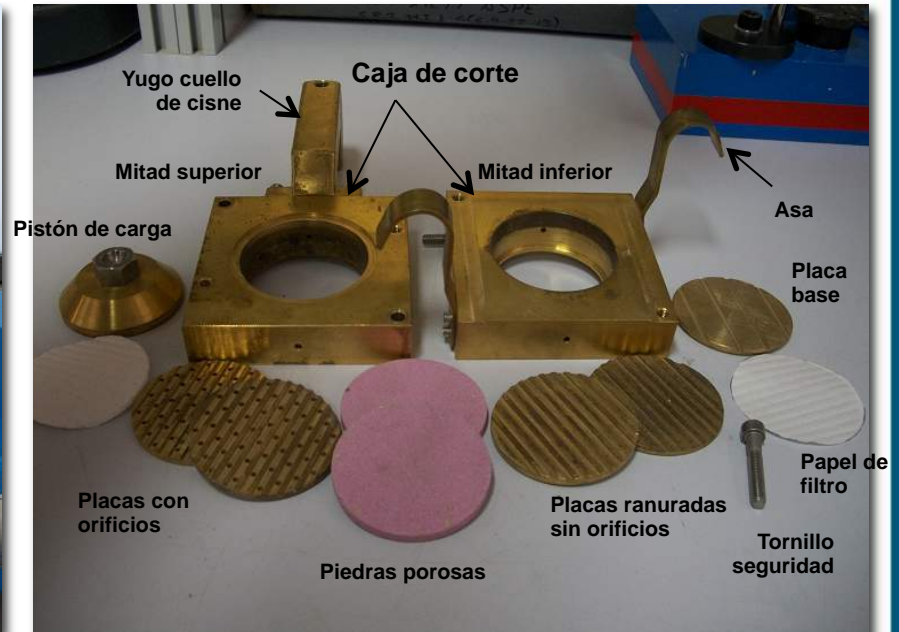
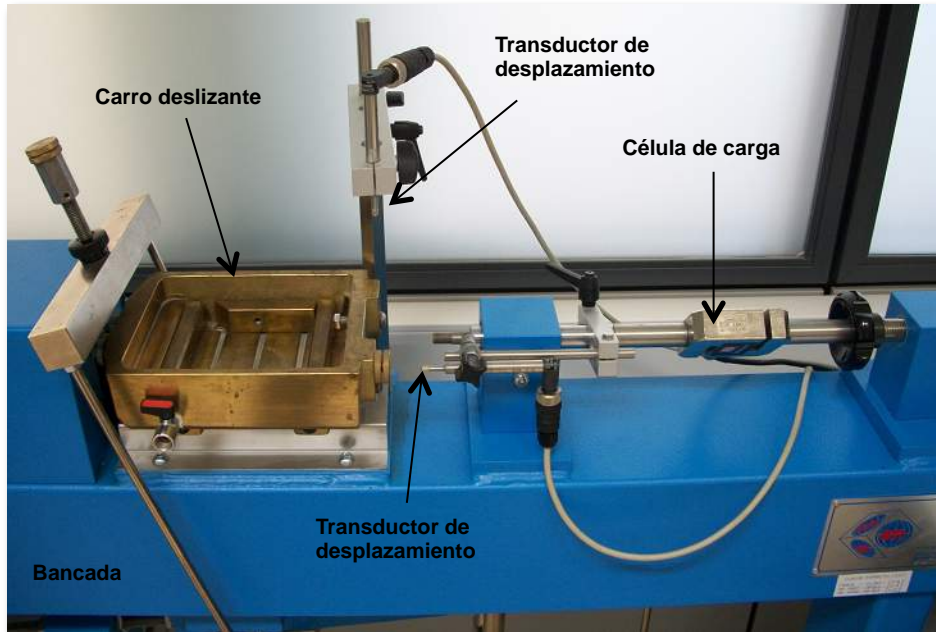
Determinación de los parámetros resistentes de una muestra de suelo en la caja de corte directo



Realización: Grupos GInTE / Ingenia / Interes

UNE 103-401-98

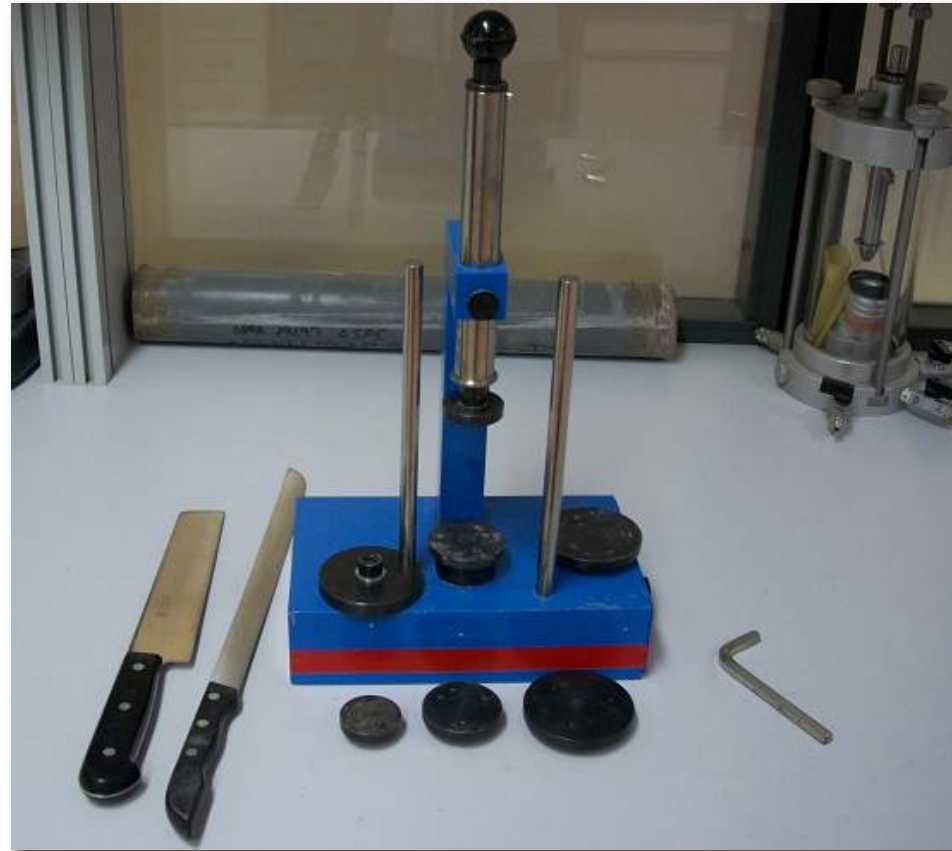




Material:

Aparato de corte directo, caja de corte directo y tallador de probetas





Tallador de muestras con diferentes diámetros





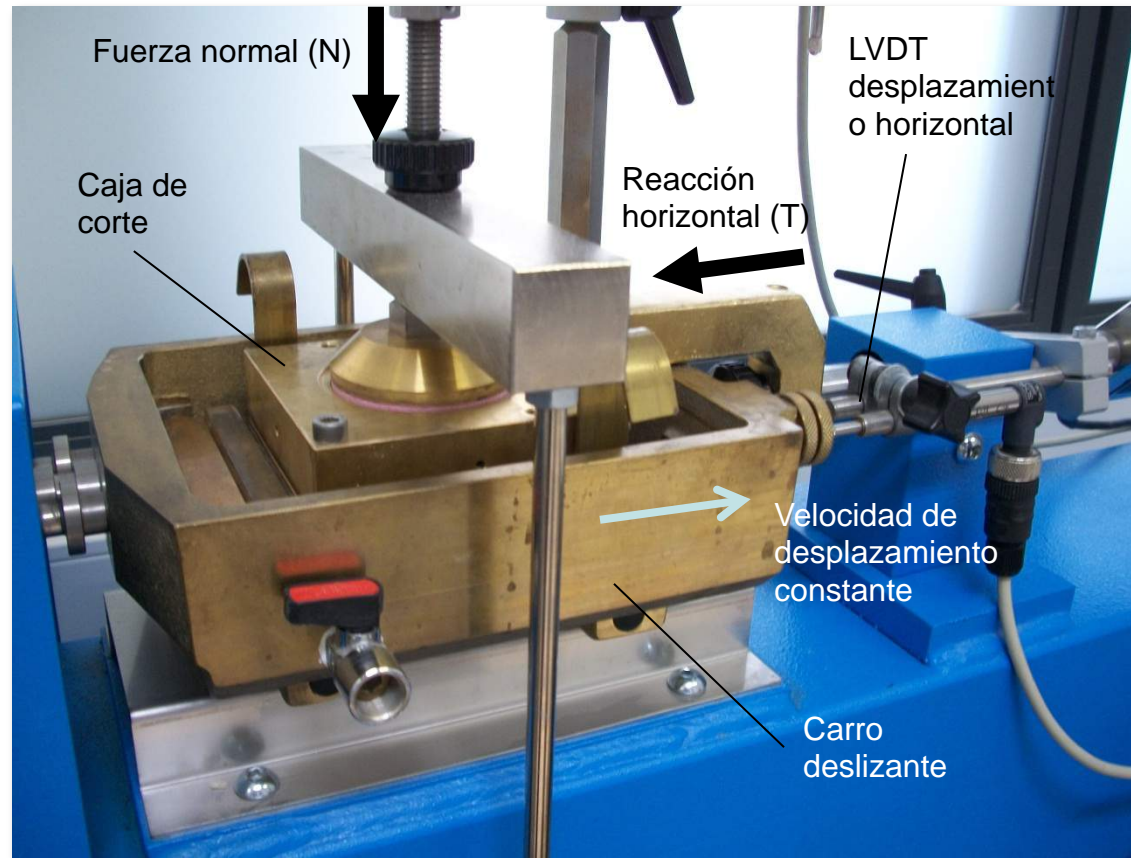
Tallado de 3 probetas del mismo suelo para la realización de los 3 ensayos





Probeta de suelo tallada





Ensayo consolidado-no drenado (CU)

Este ensayo se realiza únicamente en suelos cohesivos arcillosos, pues la fase de rotura se realiza en condiciones no drenadas





Ensayo consolidado-no drenado (CU)

Se monta la caja de corte colocando las placas ranuradas sin orificios para evitar el drenaje del agua





Ensayo consolidado- no drenado (CU)

Se coloca la muestra en la caja de corte y se enrasa

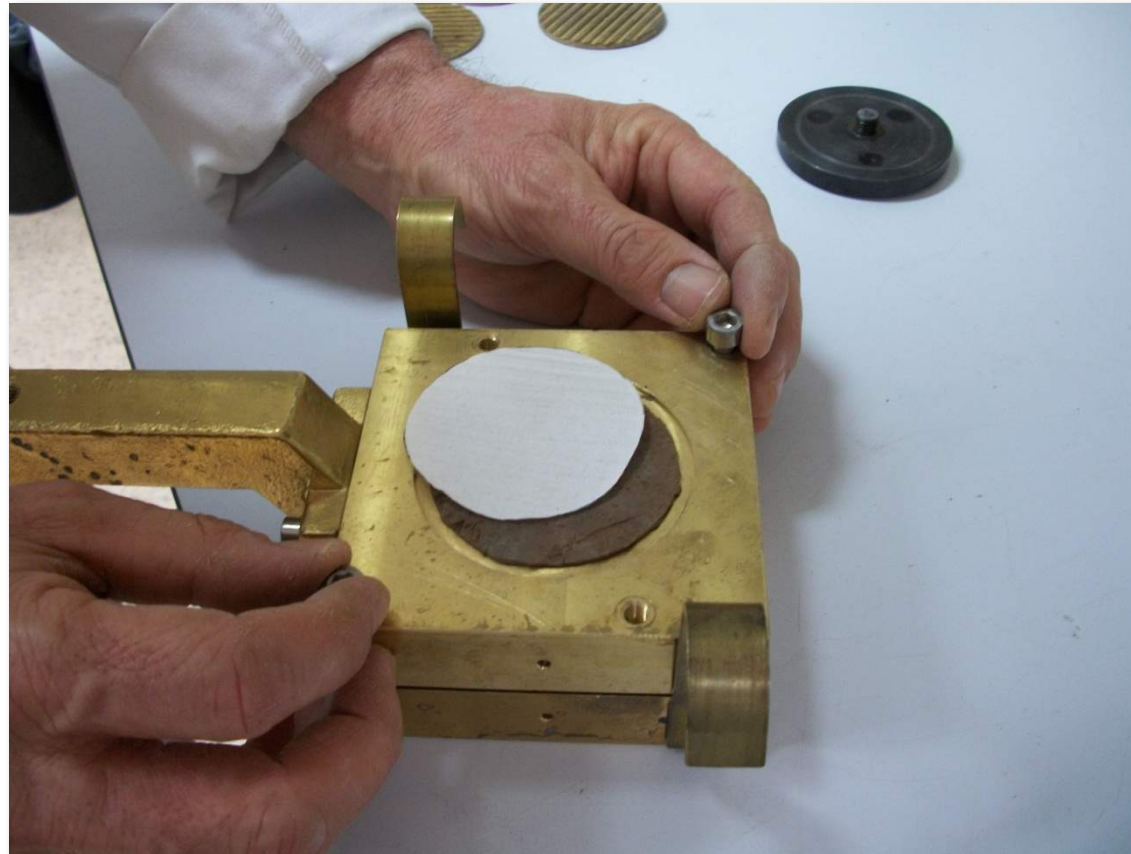




Ensayo consolidado-no drenado (CU)

Muestra enrasada en la caja de corte

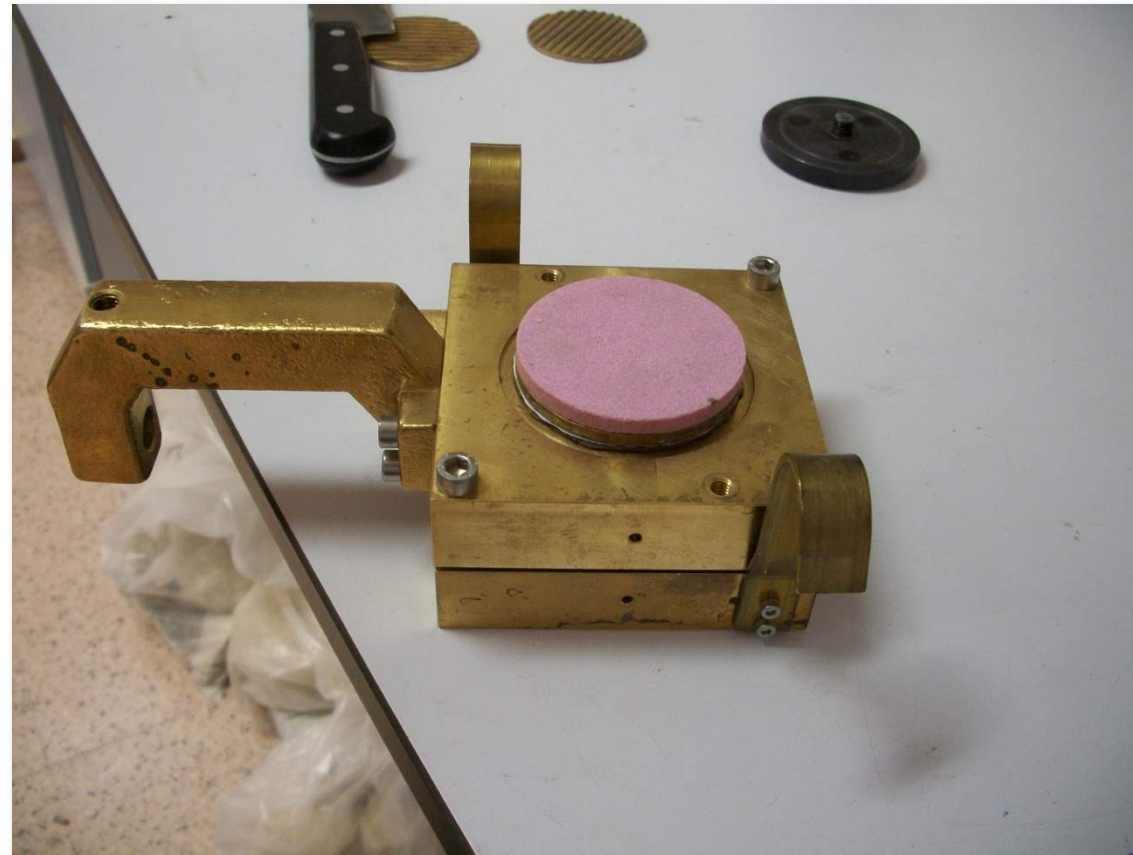




Ensayo consolidado-no drenado (CU)

Montamos y fijamos la parte superior de la caja, colocando otro papel de filtro encima de la muestra





Ensayo consolidado-no drenado (CU)

Colocamos la placa ranurada para evitar el drenaje, y la placa porosa sobre esta





Ensayo consolidado-no drenado (CU)

Montamos el pistón de carga, y ya estaría montada la caja de corte

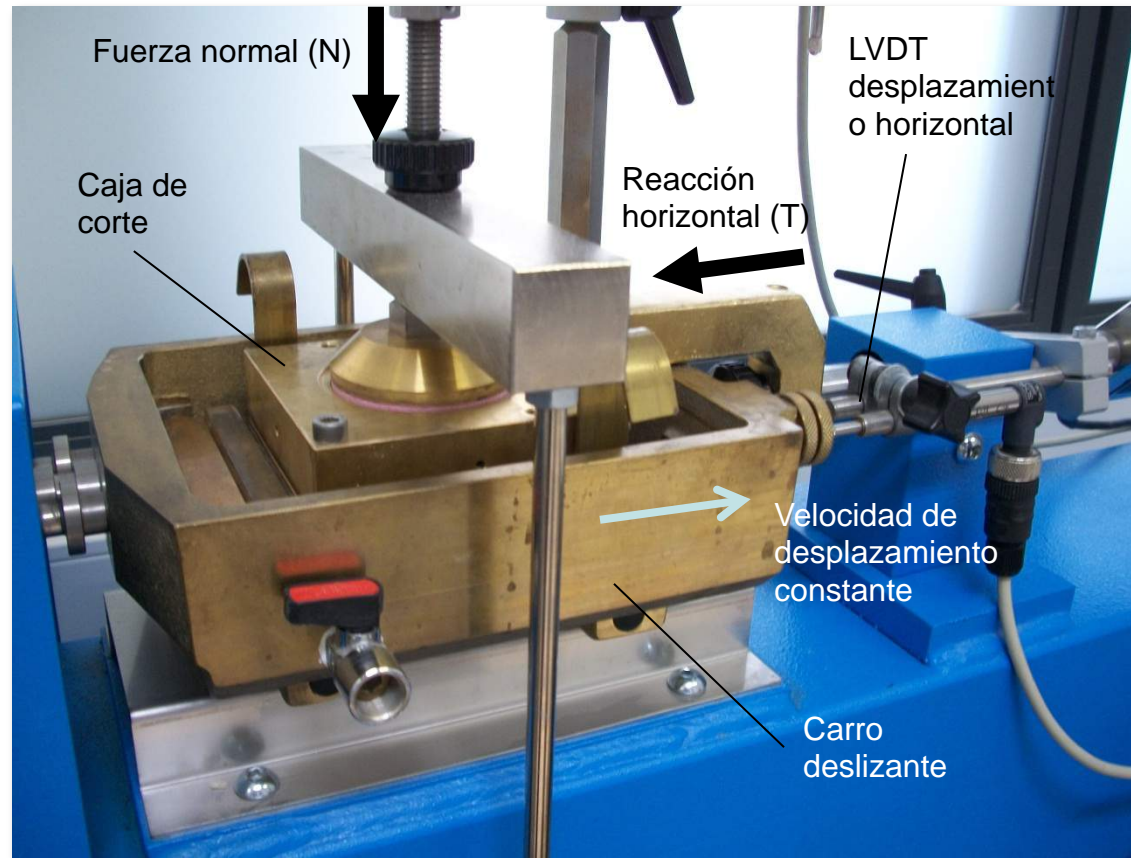




Ensayo consolidado-no drenado (CU)

Del suelo sobrante durante el proceso de tallado, se toma una muestra para calcular la humedad natural





Ensayo consolidado-drenado (CU)

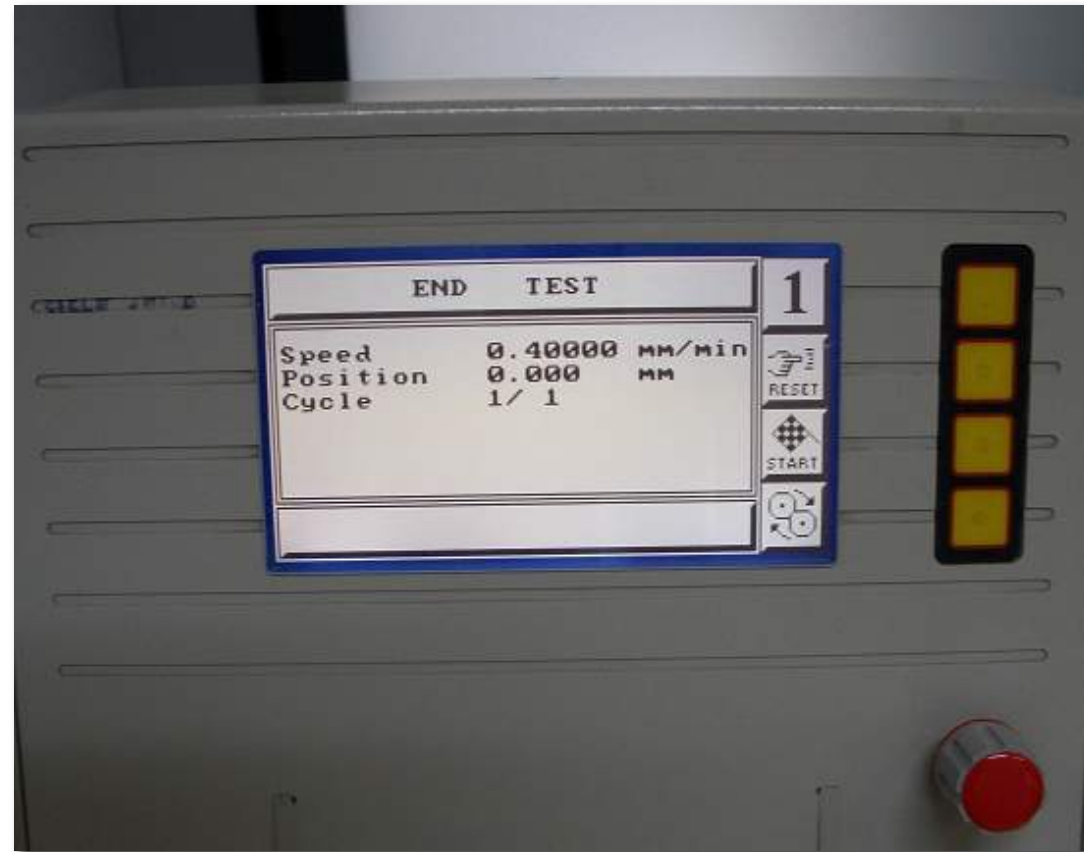
Se coloca la caja montada en el aparato de corte





Se colocan las pesas necesarias en el colgadero para conseguir la tensión vertical deseada permitiendo el drenaje libre del agua hasta finalizar el proceso de consolidación primaria del suelo para a continuación iniciar el ensayo.





El ensayo se realiza a una velocidad lo suficientemente rápida para que no se produzca el drenaje . La velocidad de corte horizontal apropiada para condiciones no drenadas debe ser entre 0,5 y 1,5 mm/min.

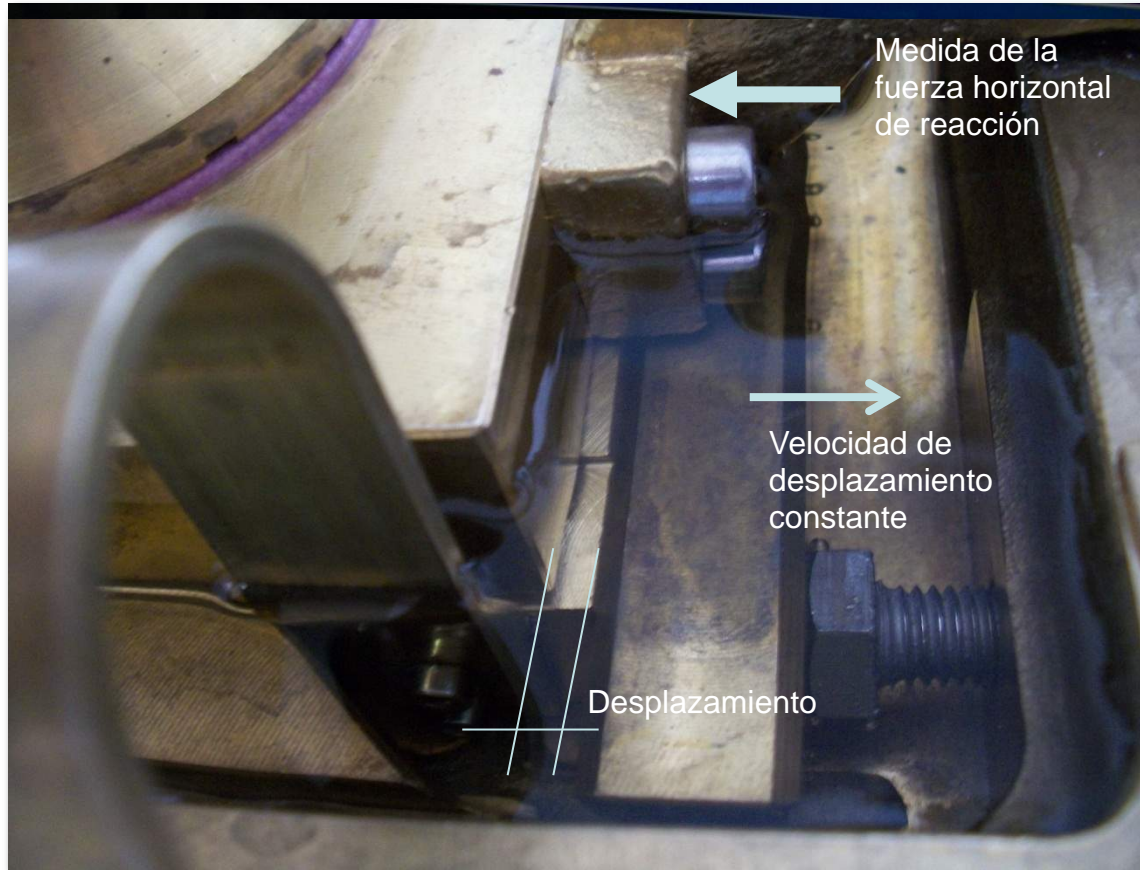




Ensayo consolidado-no drenado (CU)

Se llena tan pronto como sea posible con agua destilada hasta el nivel superior de la probeta, y se mantiene así todo el ensayo

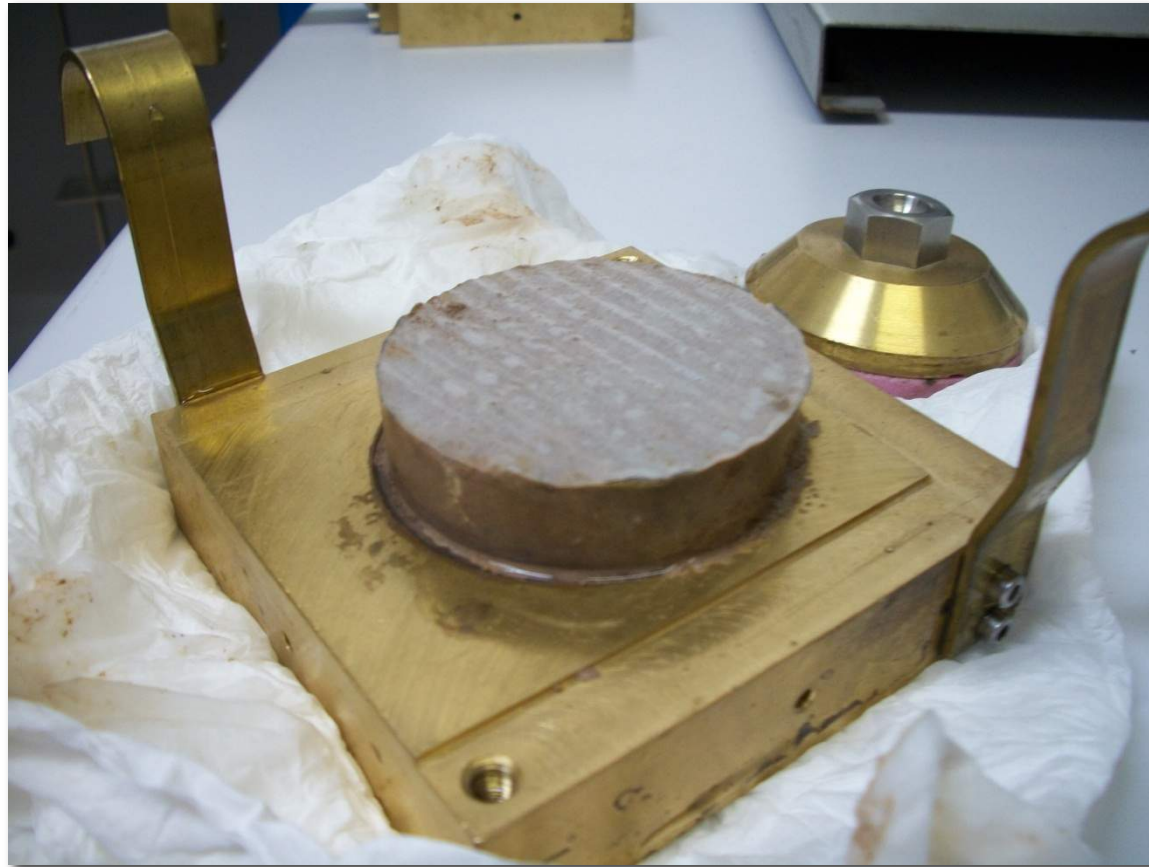




Ensayo consolidado-no drenado (CU)

Se ponen en marcha el motor con la velocidad seleccionada. El ensayo continua hasta la rotura de la probeta.





Ensayo consolidado-no drenado (CU)

Se desmonta la caja del aparato de corte

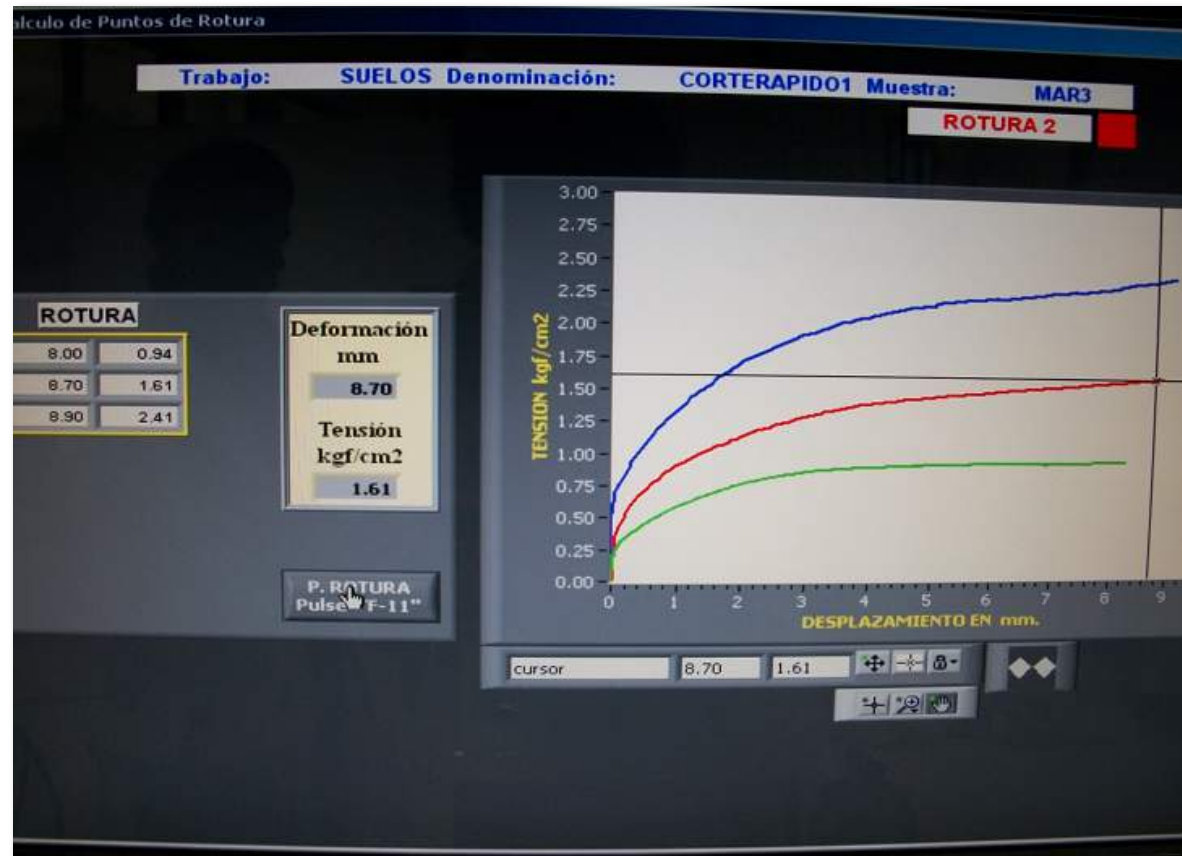




Ensayo consolidado-no drenado (CU)

Detalle de la probeta del suelo después del ensayo

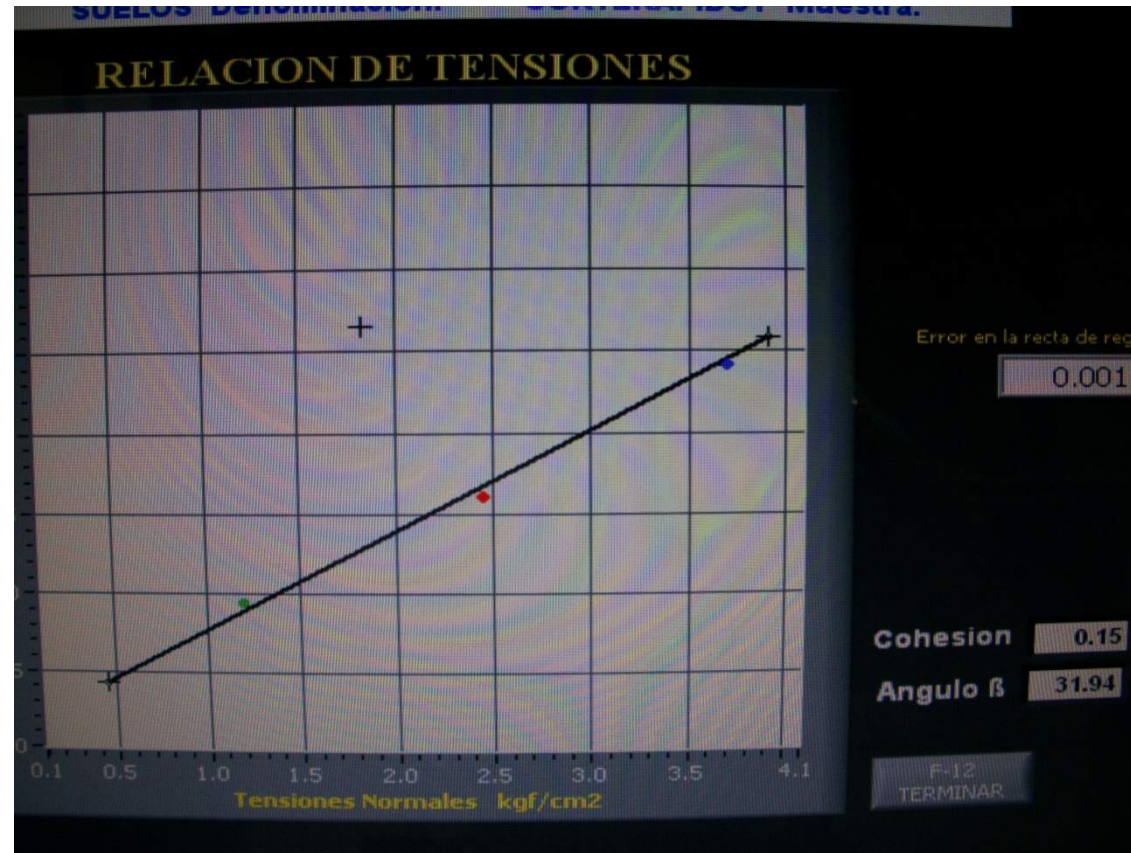




Ensayo consolidado-no drenado (CU)

El programa nos dará las gráficas tensión-desplazamiento





Ensayo consolidado-no drenado (CU)

Al igual que los datos de la cohesión y el ángulo de rozamiento





Ensayo consolidado-no drenado (CU)

Colocamos parte de la muestra ensayada en un recipiente

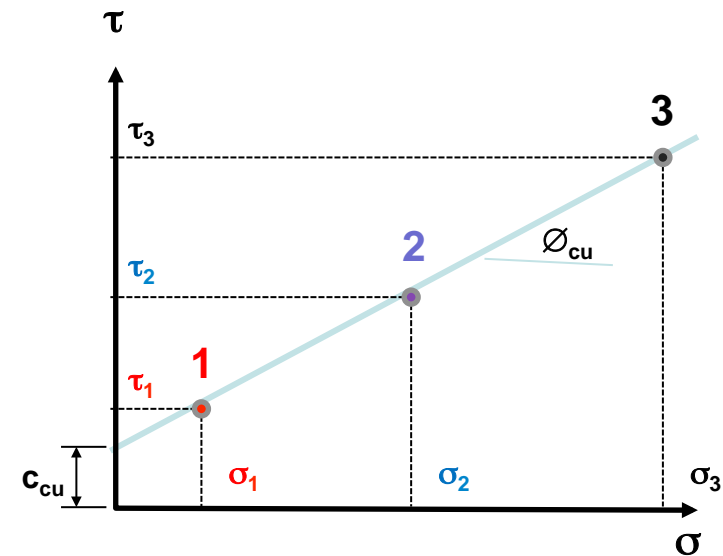
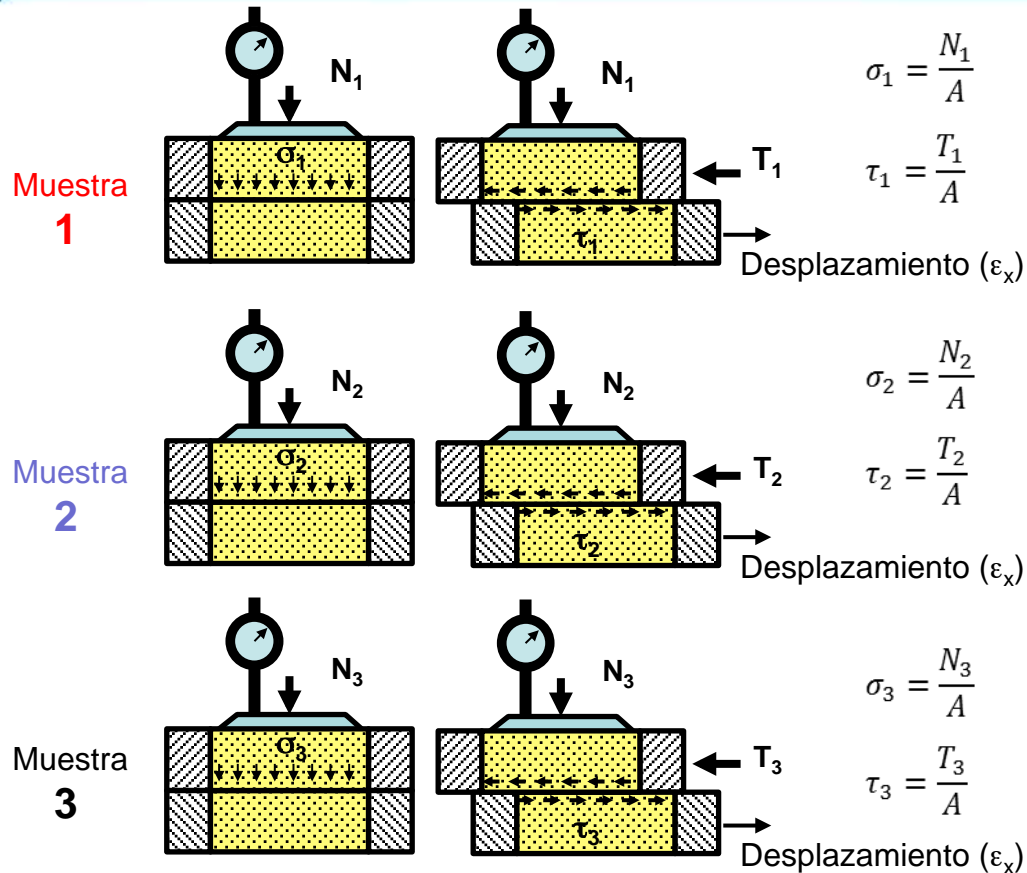




Ensayo consolidado-no drenado (CU)

Secamos la muestra en estufa para calcular su humedad final





Al romper tres probetas del mismo suelo sometidas a diferentes tensiones normales (σ_1 , σ_2 y σ_3), obtenemos los respectivos valores de resistencia al corte (τ_1 , τ_2 y τ_3) que nos permiten calcular el ángulo de rozamiento y la cohesión.



Profesores

Roberto Tomás Jover (Coordinador UA)

Miguel Cano González (UA)

Javier García Barba (UA)

Juan Carlos Santamarta Cerezal (Coordinador ULL)

Luis Enrique Hernández Gutiérrez (Gobierno de Canarias)

Edición y Montaje

Rubén Carlos Zamora Mozo (UA)

Técnico

Victoriano Rodrigo Ramírez (UA)



**GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)**

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





COMO CITAR ESTE MATERIAL:

Tomás, R., Cano, M., García-Barba, J., Santamarta, J.C., Hernández, L.E., Rodríguez, J.A., Zamora, R. (2013). Prácticas de Ingeniería del Terreno. Universidades de Alicante y de La Laguna. <http://web.ua.es/es/ginter/> ó <http://ocw.ull.es/> (fecha de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.

<http://web.ua.es/es/ginter/>

<http://ocw.ull.es/>

<http://web.ua.es/es/interes/interes-ingenieria-del-terreno-y-sus-estructuras.html>

<http://webpages.ull.es/users/jcsanta/>



GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





Ensayo Corte Directo (UU)

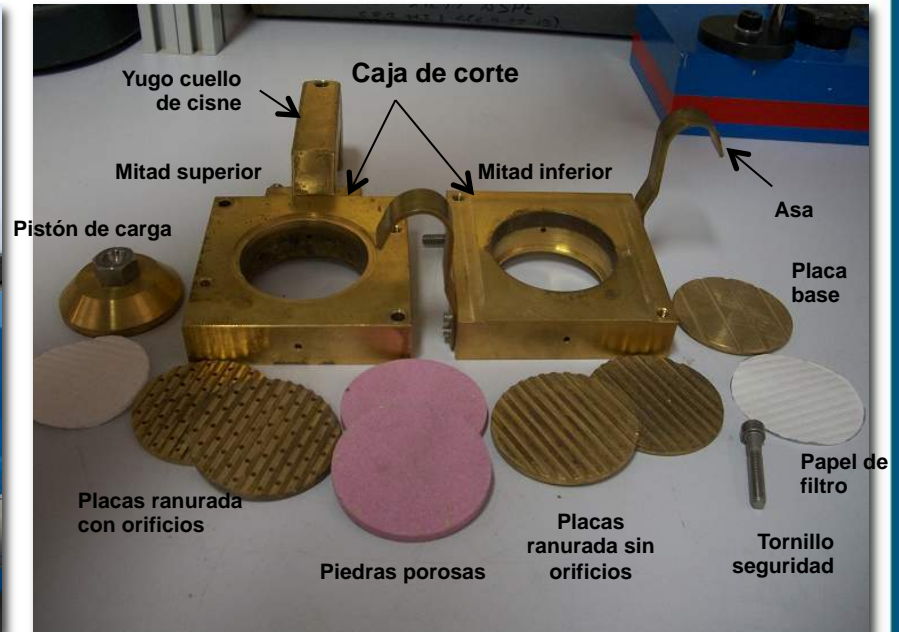
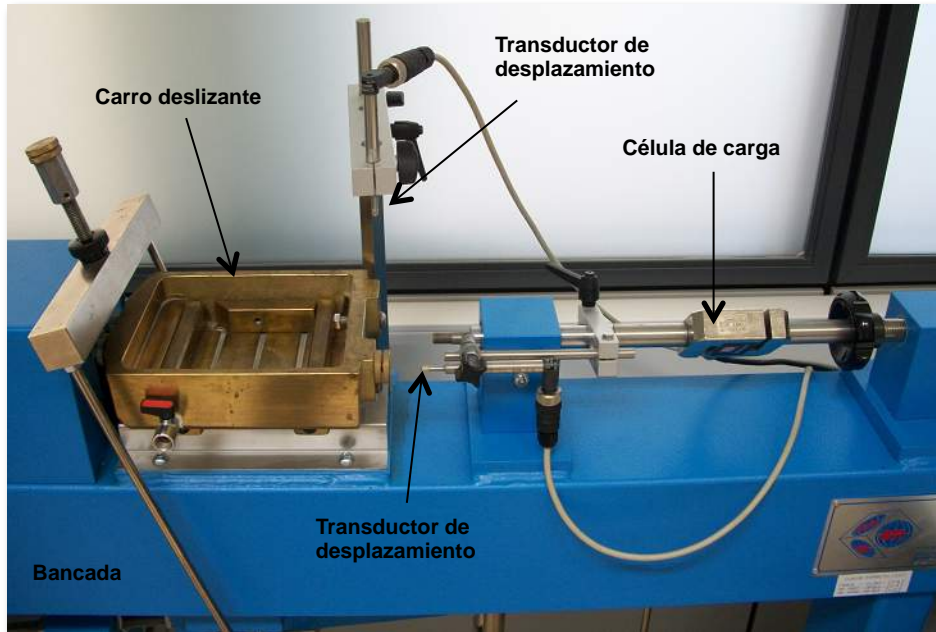
Determinación de los parámetros resistentes de una muestra de suelo en la caja de corte directo



Realización: Grupos GInTE / Ingenia / Interes

UNE 103-401-98

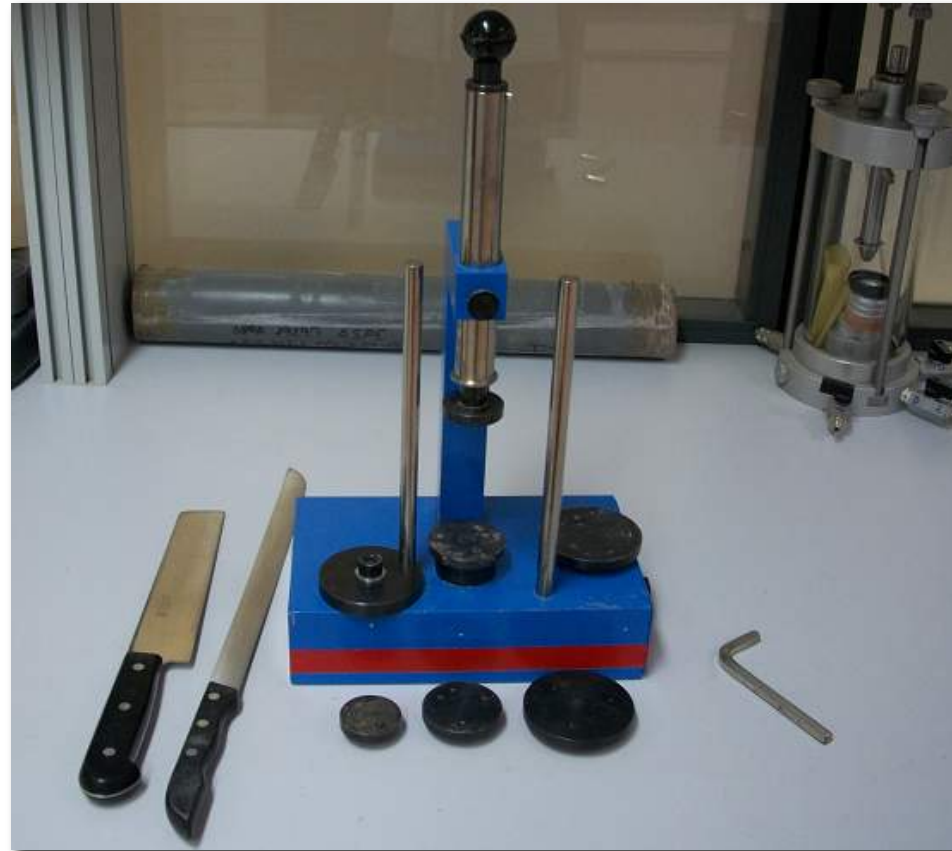




Material:

Aparato de corte directo, caja de corte directo y tallador de probetas





Tallador de muestras con diferentes diámetros





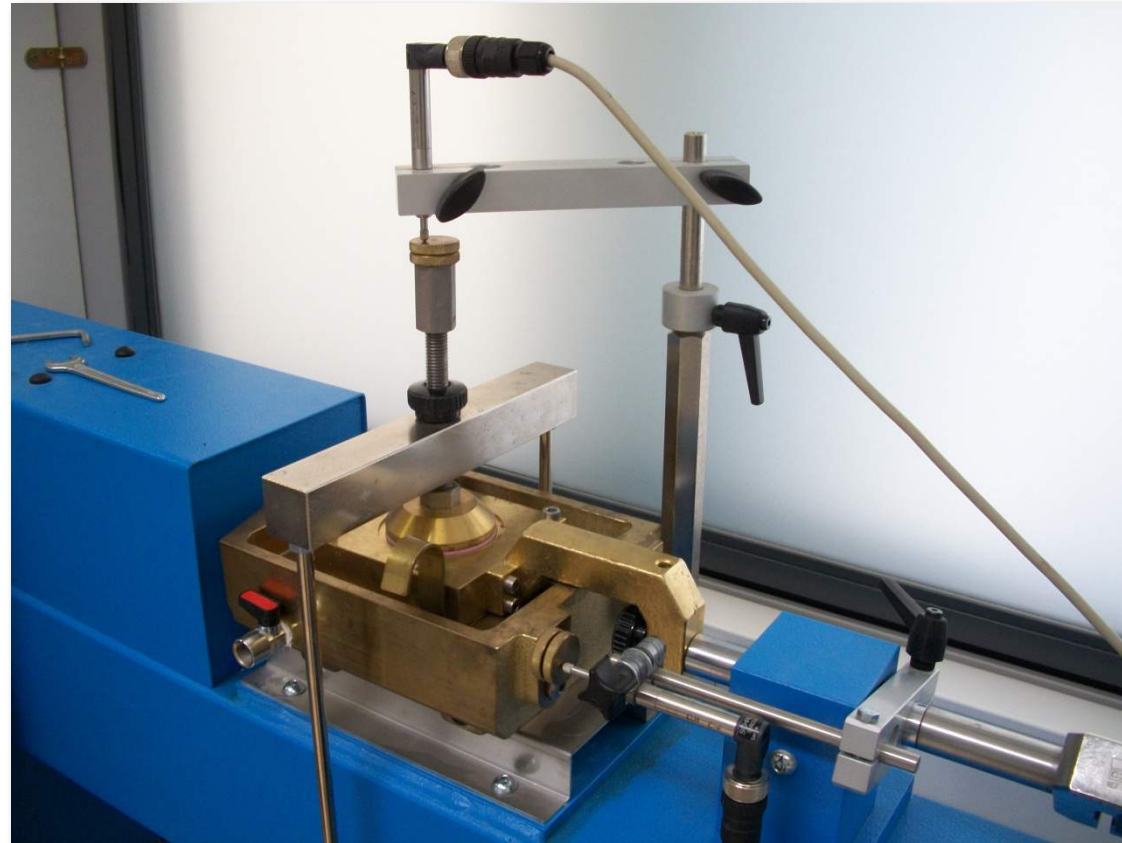
Tallado de 3 probetas del mismo suelo para la realización de los 3 ensayos





Probeta de suelo tallada





Ensayo no consolidado-no drenado (UU)

Este ensayo se realiza únicamente en suelos cohesivos arcillosos, pues no hay consolidación inicial y la rotura se realiza en condiciones no drenadas





Ensayo no consolidado-no drenado (UU)

Se coloca la muestra en la caja de corte y se enrasa





Ensayo no consolidado-no drenado (UU)

Muestra enrasada en la caja de corte

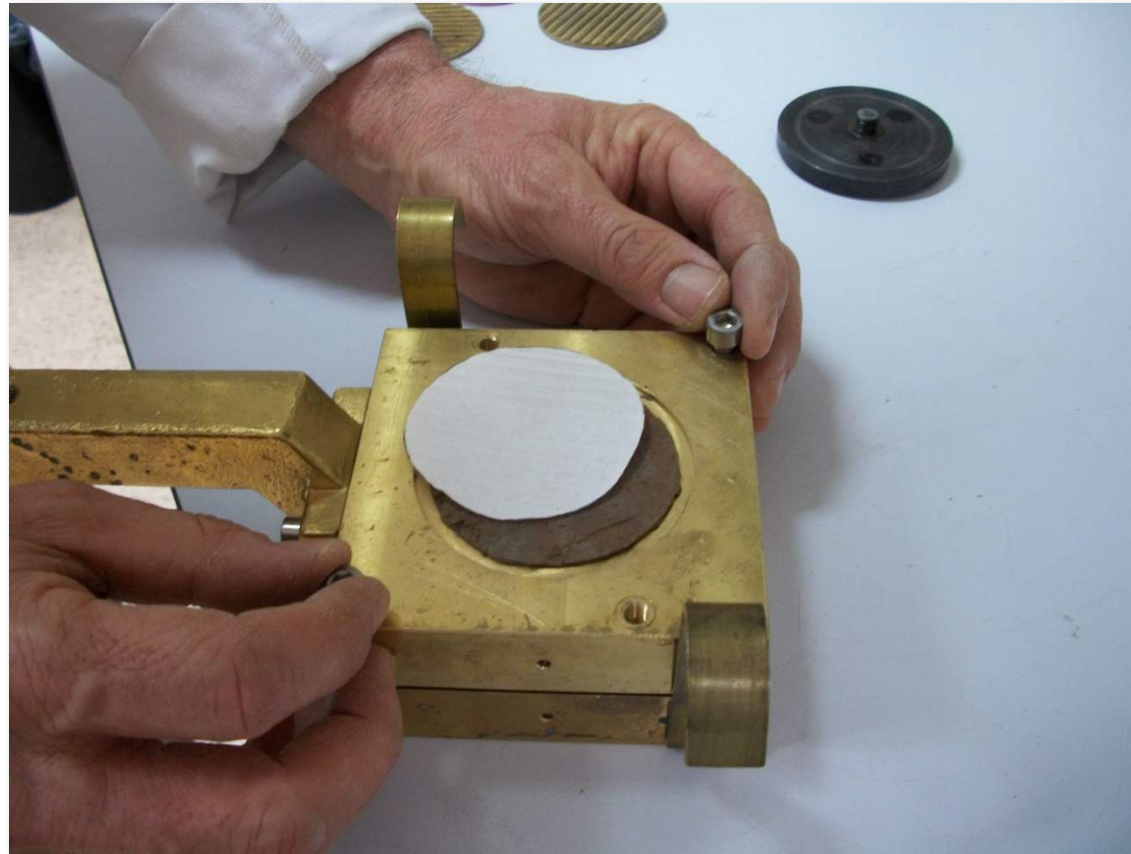




Ensayo no consolidado-no drenado (UU)

Colocamos el papel de filtro en la parte inferior de la caja, para evitar que se escapen partículas de la muestra durante el ensayo

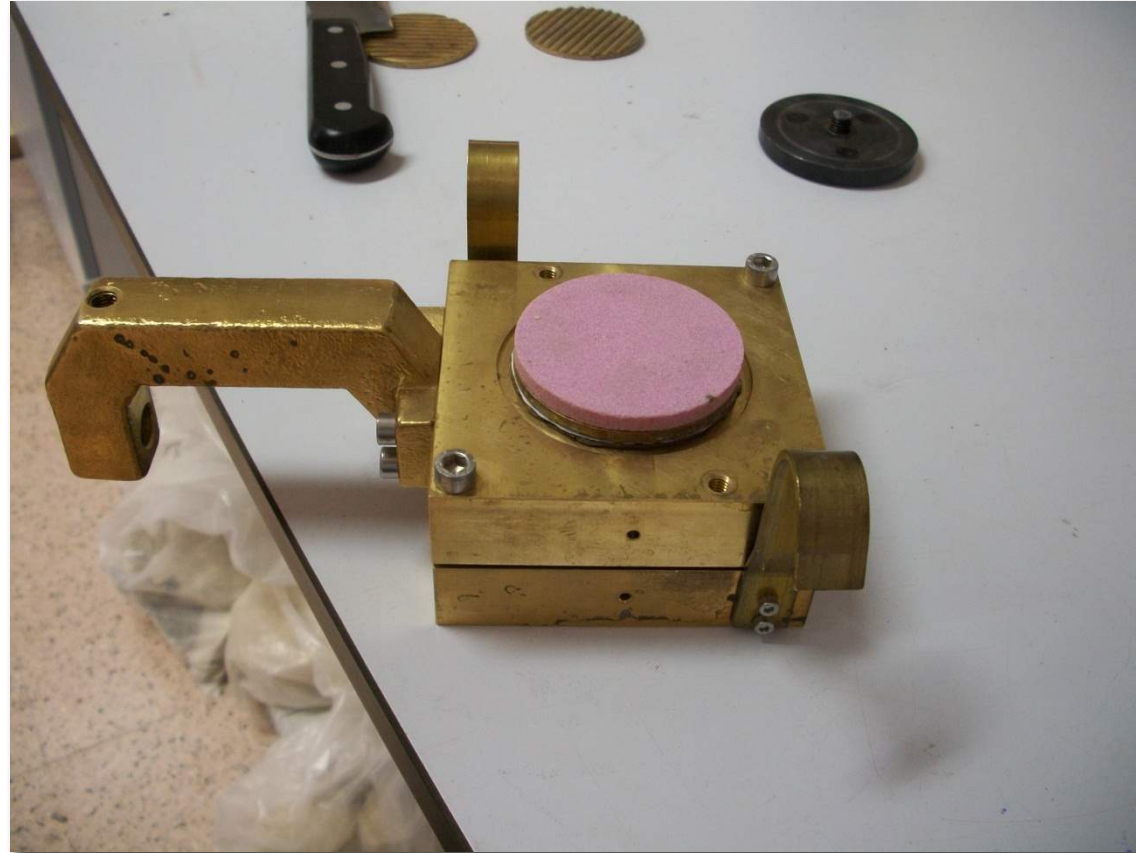




Ensayo no consolidado-no drenado (UU)

Montamos y fijamos la parte superior de la caja, colocando otro papel de filtro encima de la muestra





Ensayo no consolidado-no drenado (UU)

Colocamos la placa ranurada para evitar el drenaje, y la placa porosa sobre esta





Ensayo no consolidado-no drenado (UU)

Montamos el pistón de carga, y ya estaría montada la caja de corte

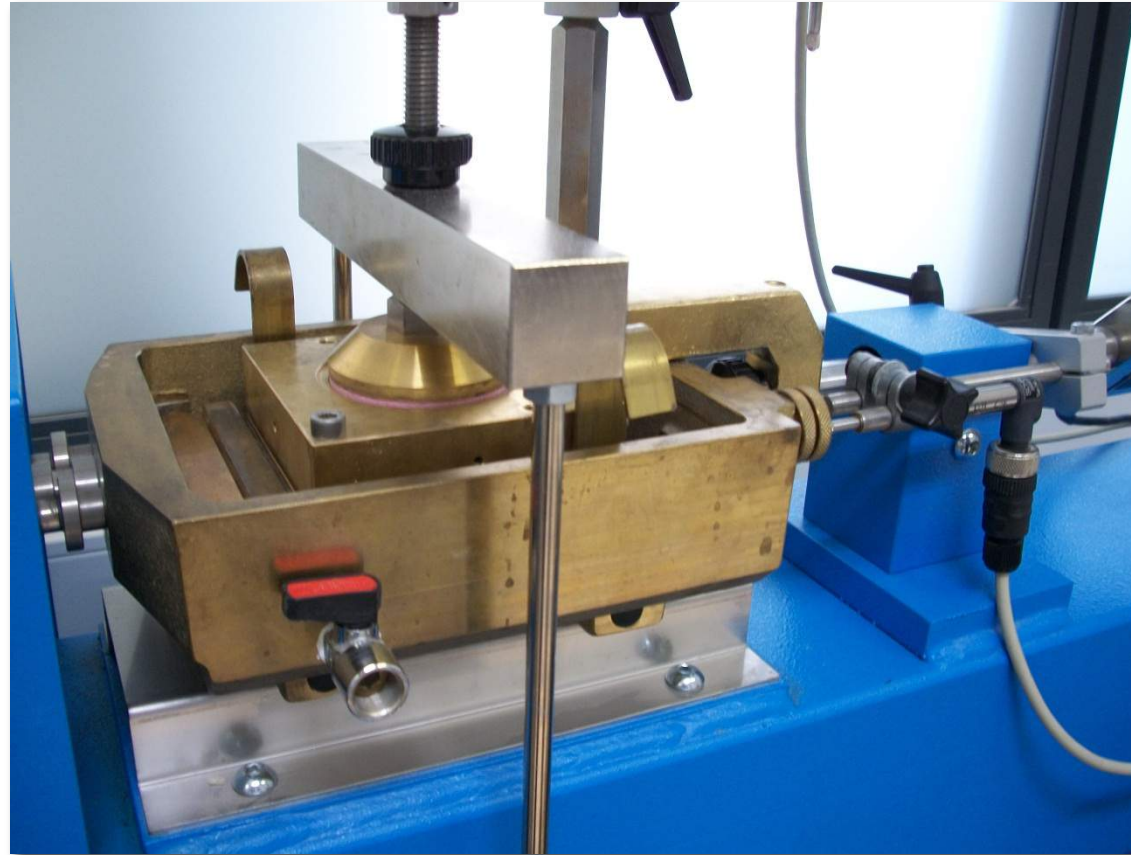




Ensayo no consolidado-no drenado (UU)

Del suelo sobrante durante el proceso de tallado, se toma una muestra para calcular la humedad natural





Ensayo no consolidado-no drenado (UU)

Se coloca la caja montada en el aparato de corte





Se colocan las pesas necesarias en el colgadero para conseguir la tensión vertical deseada sin permitir el drenaje libre del agua para iniciar inmediatamente después el ensayo de corte.





Ensayo no consolidado-no drenado (UU)

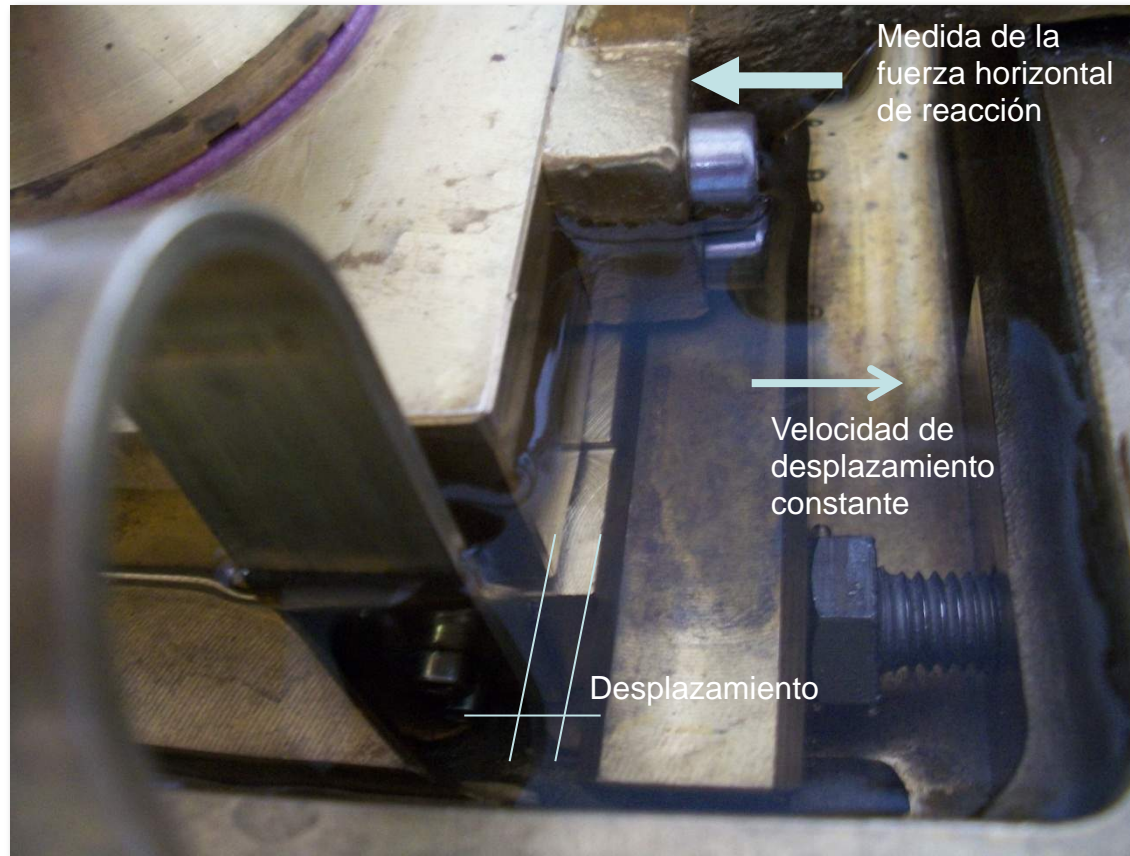
Se llena tan pronto como sea posible con agua destilada hasta el nivel superior de la probeta, y se mantiene así todo el ensayo





El ensayo se realiza a una velocidad lo suficientemente rápida para que no se produzca el drenaje . La velocidad de corte horizontal apropiada para condiciones no drenadas debe ser entre 0,5 y 1,5 mm/min.

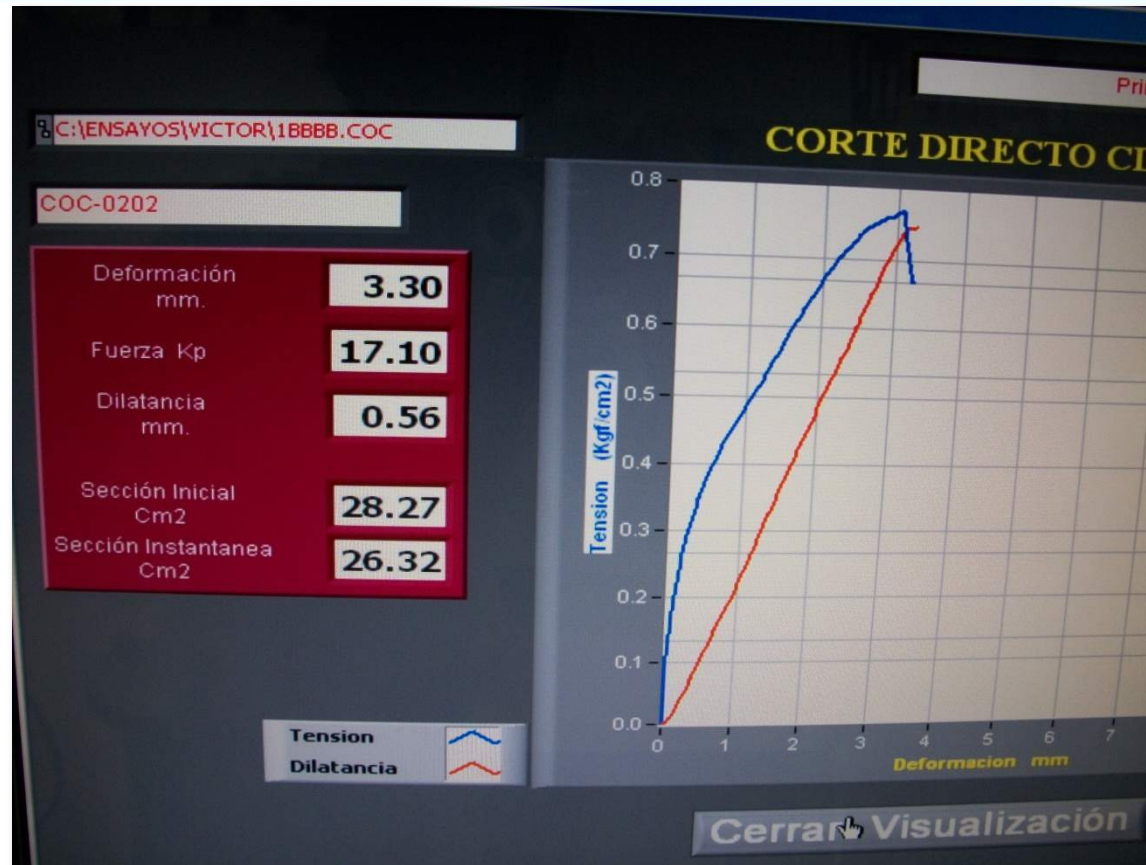




Ensayo consolidado-drenado (UU)

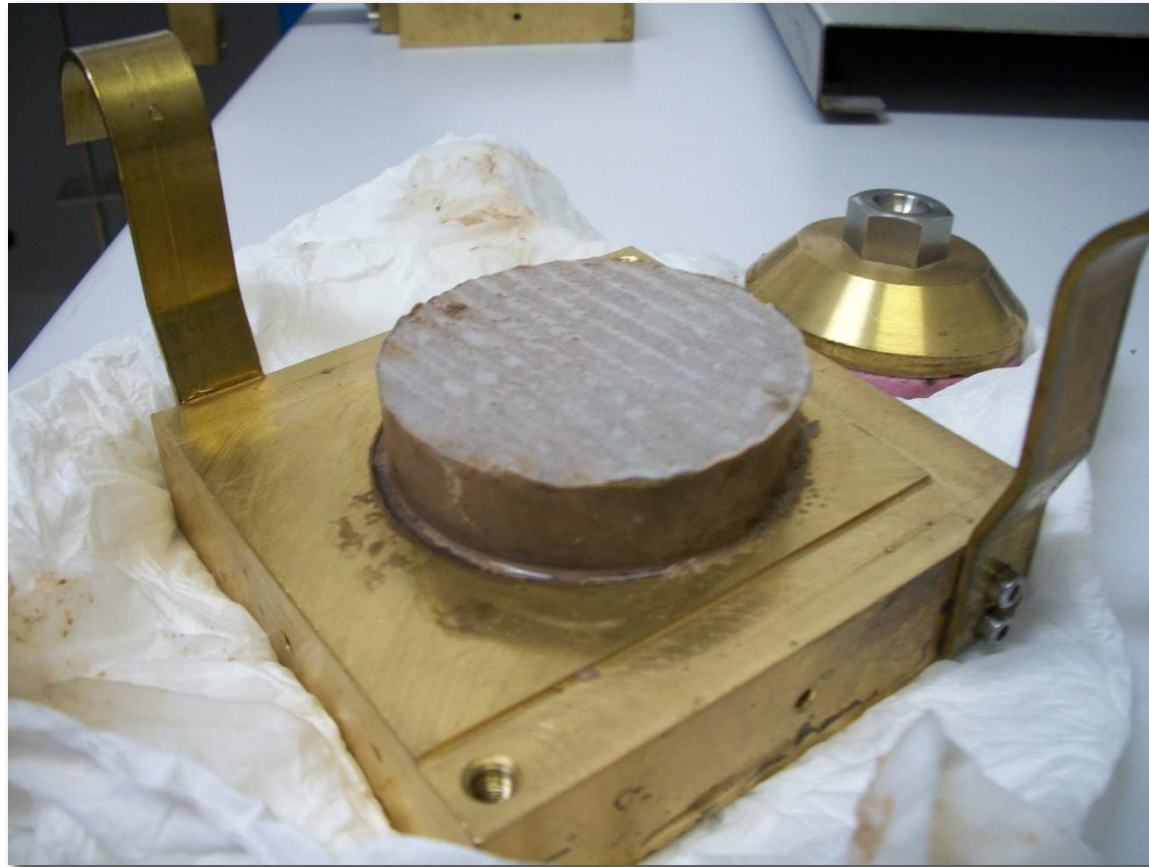
Detalle del desplazamiento entre las dos partes de la caja de corte





Se ponen en marcha el motor. El ensayo continua hasta que la probeta de suelo rompe.





Ensayo no consolidado-no drenado (UU)

Se desmonta la caja del aparato de corte

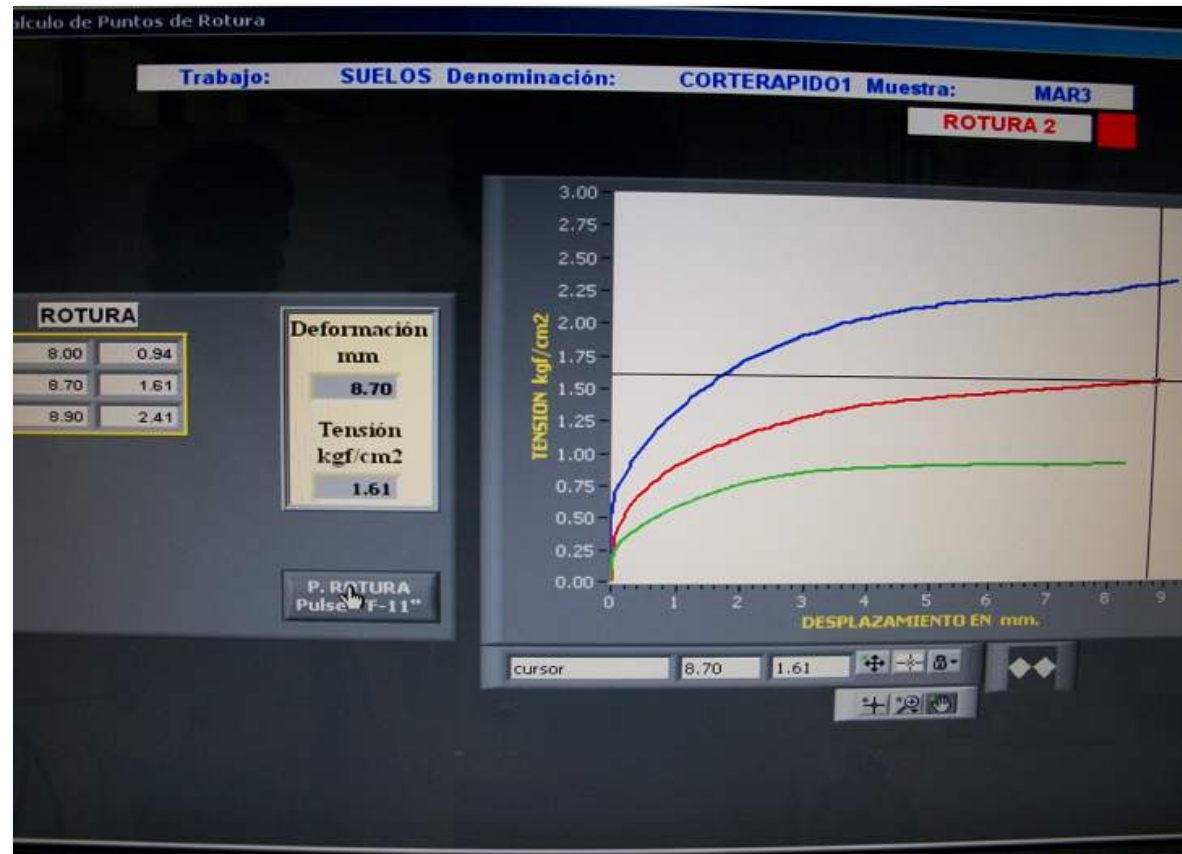




Ensayo no consolidado-no drenado (UU)

Detalle de la probeta del suelo después del ensayo

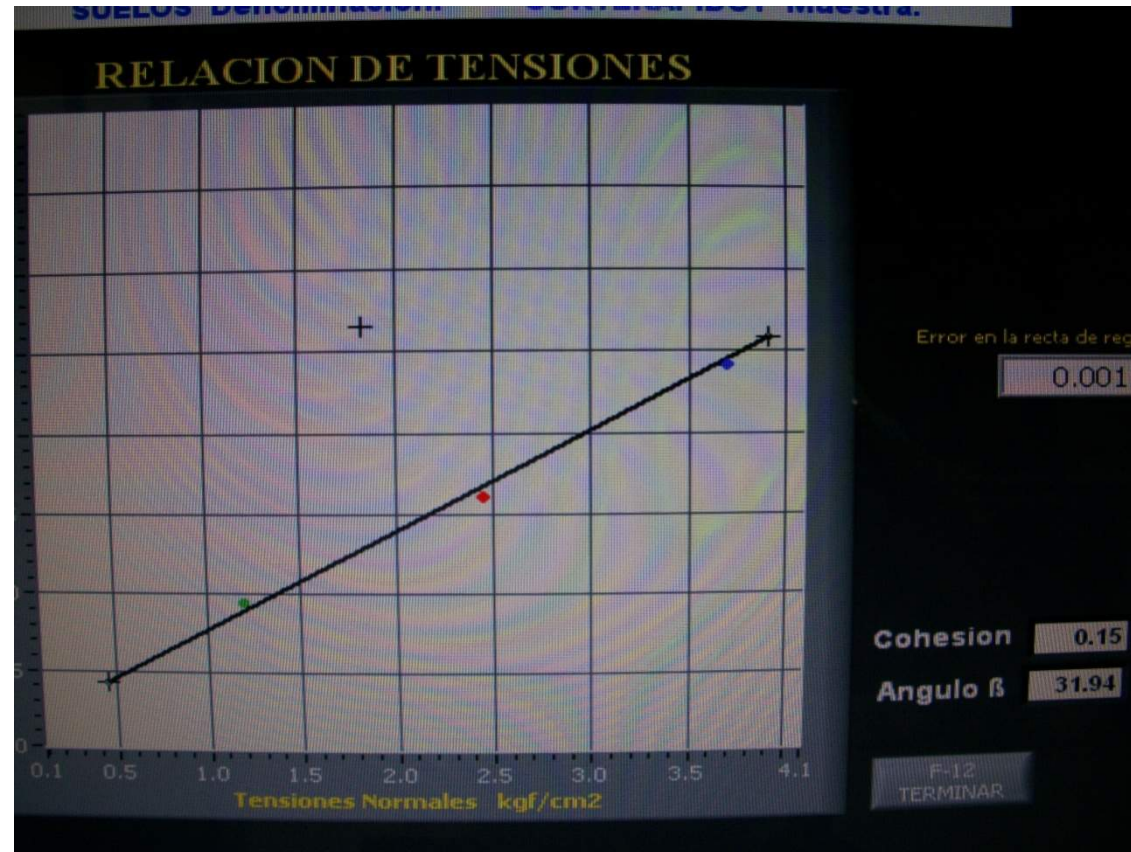




Ensayo no consolidado-no drenado (UU)

El programa nos dará las gráficas tensión-desplazamiento





Ensayo no consolidado-no drenado (UU)

Al igual que los datos de la cohesión y el ángulo de rozamiento





Ensayo no consolidado-no drenado (UU)

Colocamos parte de la muestra ensayada en un recipiente

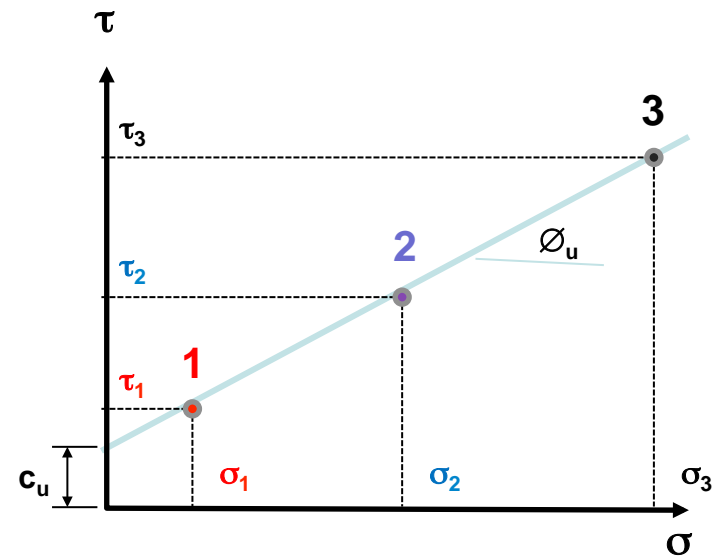
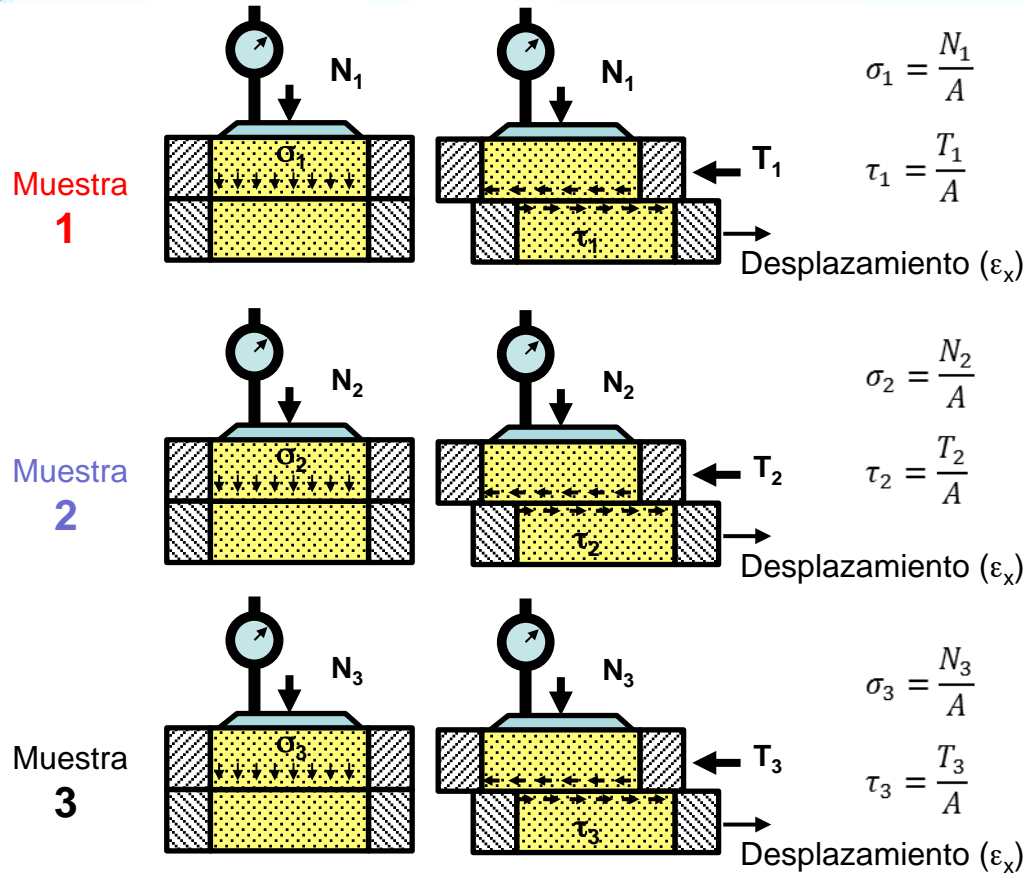




Ensayo no consolidado-no drenado (UU)

Secamos la muestra en estufa para calcular su humedad final





Al romper tres probetas del mismo suelo sometidas a diferentes tensiones normales (σ_1 , σ_2 y σ_3), obtenemos los respectivos valores de resistencia al corte (τ_1 , τ_2 y τ_3) que nos permiten calcular el ángulo de rozamiento y la cohesión no drenados.





Profesores

Roberto Tomás Jover (Coordinador UA)

Miguel Cano González (UA)

Javier García Barba (UA)

Juan Carlos Santamarta Cerezal (Coordinador ULL)

Luis Enrique Hernández Gutiérrez (ULL)

Edición y Montaje

Rubén Carlos Zamora Mozo (UA)

Técnico

Victoriano Rodrigo Ramírez (UA)



**GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)**

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





COMO CITAR ESTE MATERIAL:

Tomás, R., Cano, M., García-Barba, J., Santamarta, J.C., Hernández, L.E., Rodríguez, J.A., Zamora, R. (2013). Prácticas de Ingeniería del Terreno. Universidades de Alicante y de La Laguna. <http://web.ua.es/es/ginter/> ó <http://ocw.ull.es/> (fecha de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.

<http://web.ua.es/es/ginter/>

<http://ocw.ull.es/>

<http://web.ua.es/es/interes/interes-ingenieria-del-terreno-y-sus-estructuras.html>

<http://webpages.ull.es/users/jcsanta/>



GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





Ensayo Edométrico

Ensayo de consolidación unidimensional de un suelo en edómetro



Realización: Grupos GInTE / Ingenia / Interes

UNE 103-405-94





Material:

Equipo edométrico y célula edométrica





Preparación de la muestra por extrusión. La muestra también podría prepararse por tallado o remoldeo.





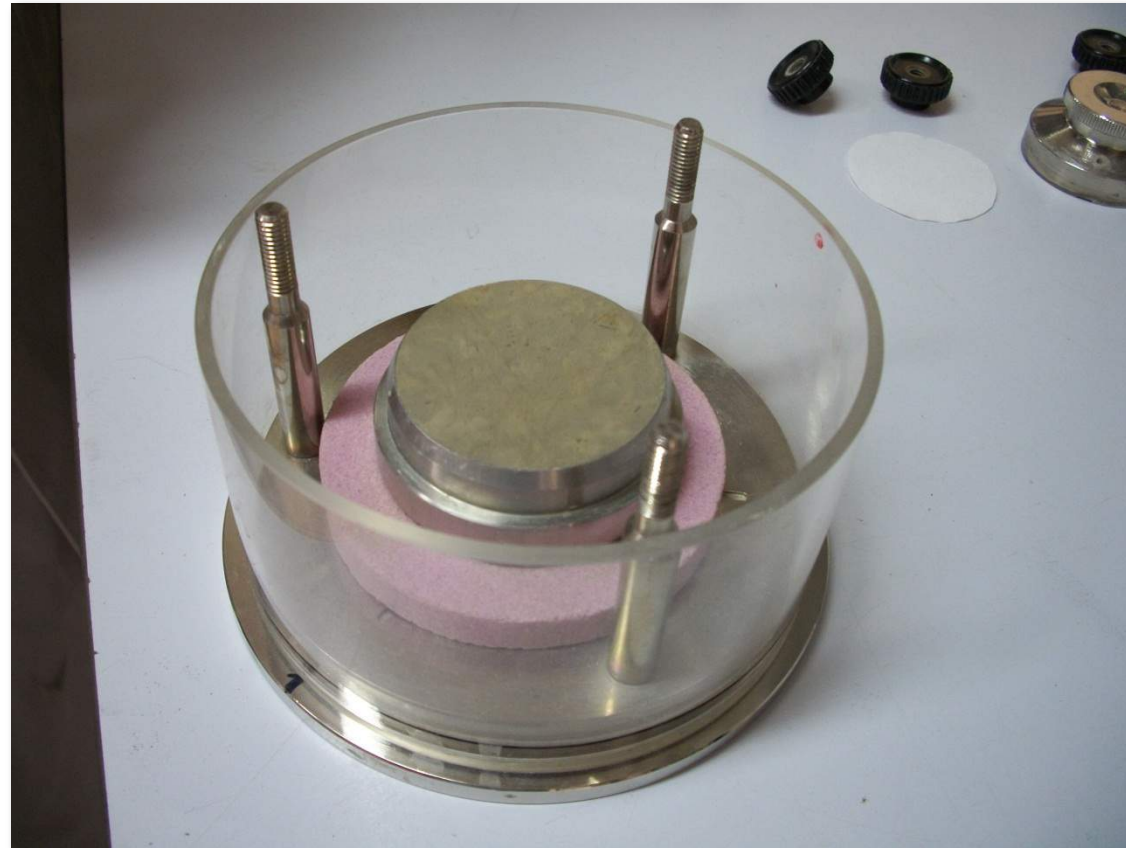
La muestra sobrante se usa para el cálculo de su humedad natural





Se coloca la muestra en el anillo cortador y se pesa





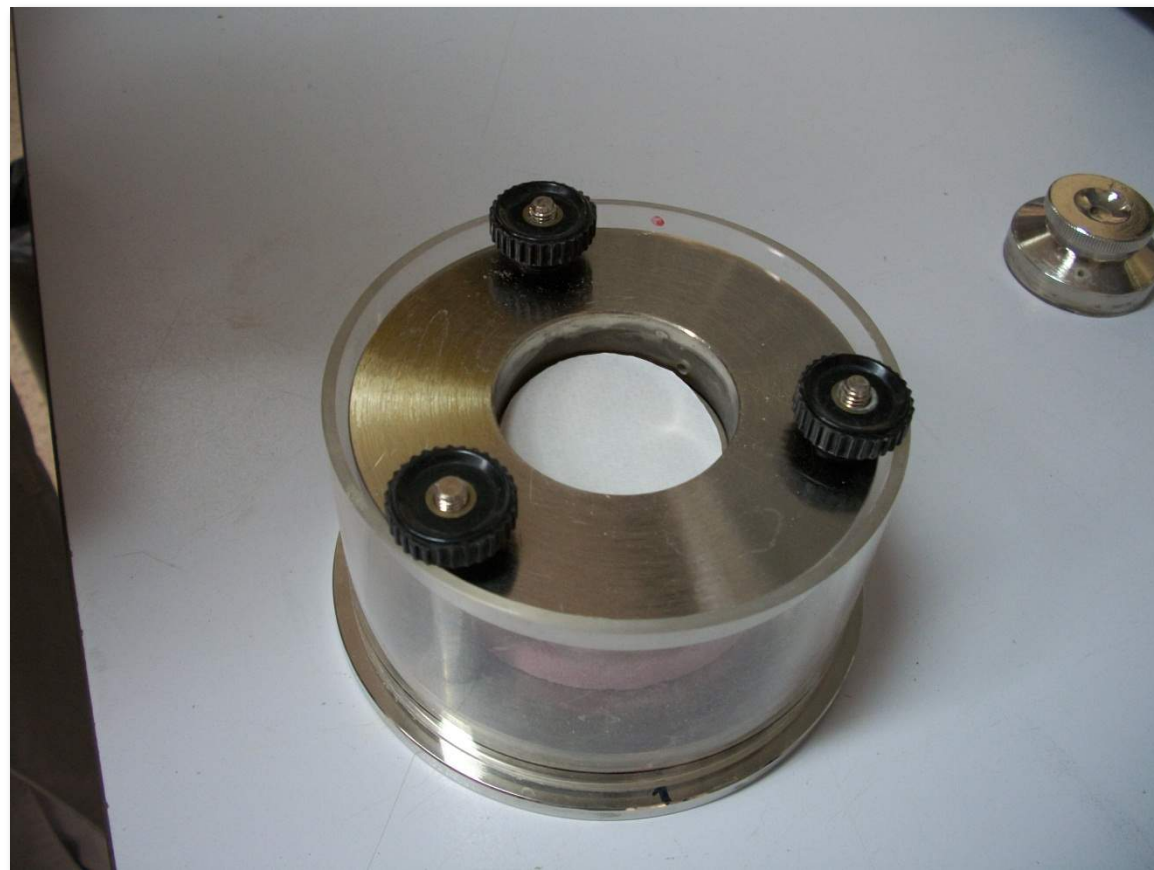
Se monta una placa porosa inferior dentro de la célula edométrica, y se coloca sobre ella el anillo con la muestra





Colocación de la parte superior de la célula edométrica





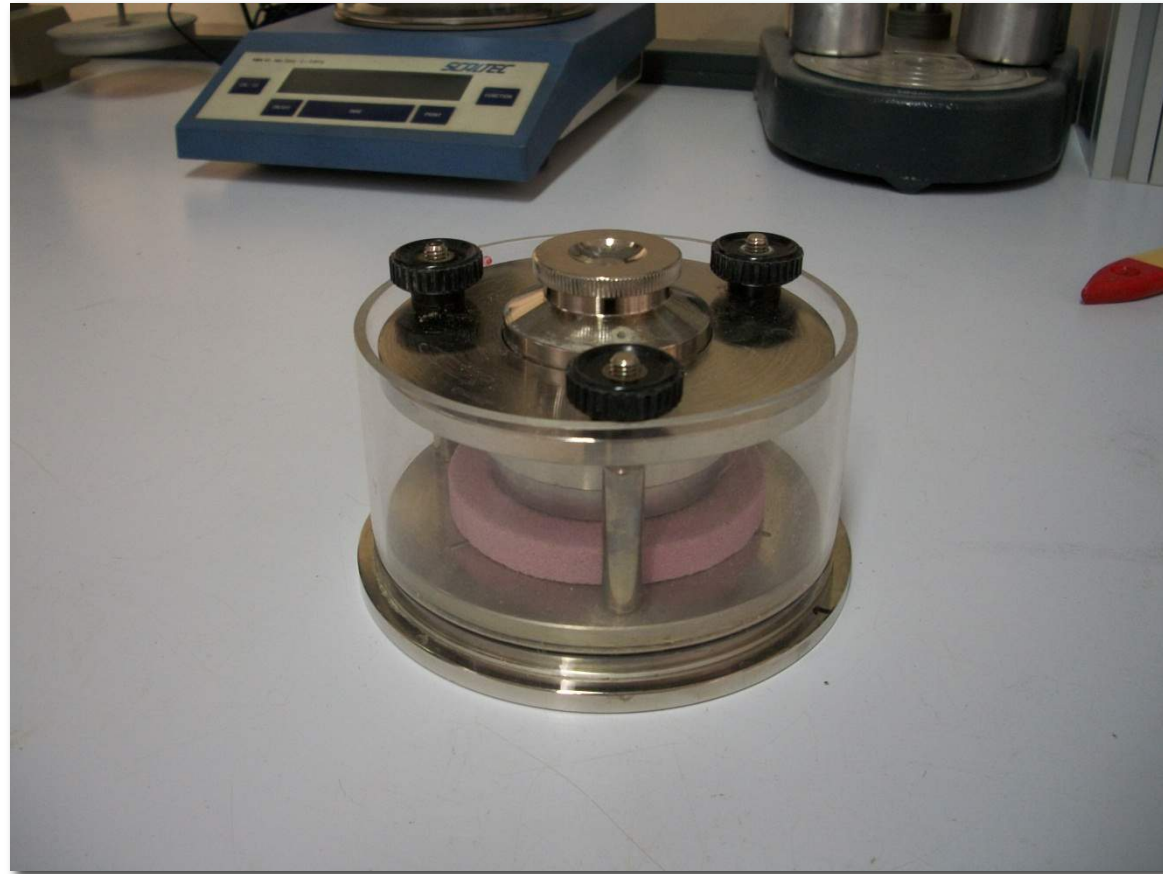
Se fija la parte superior de la célula y se coloca el papel de filtro





Se coloca la piedra porosa superior y posteriormente el pistón de carga





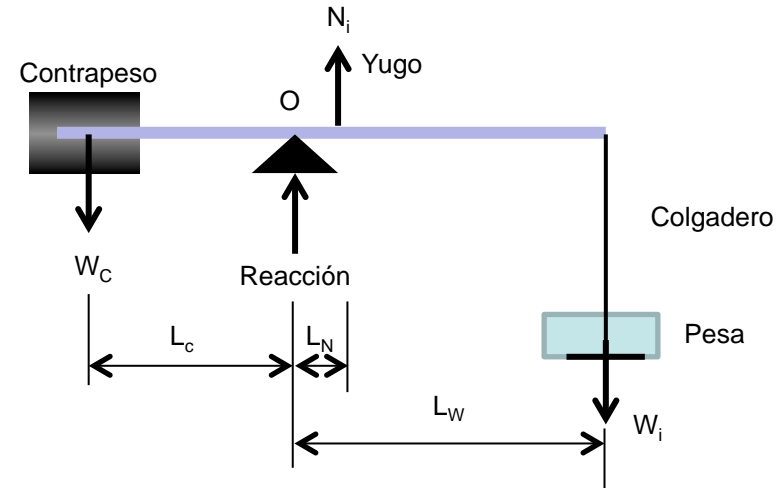
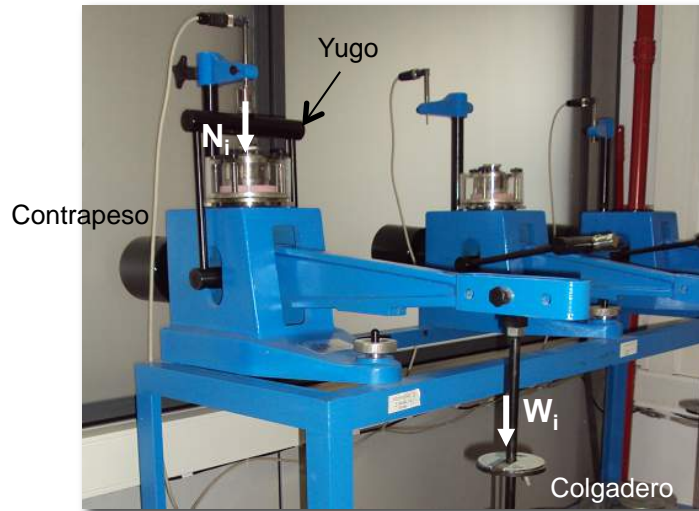
Célula edométrica montada





Bancada edométrica





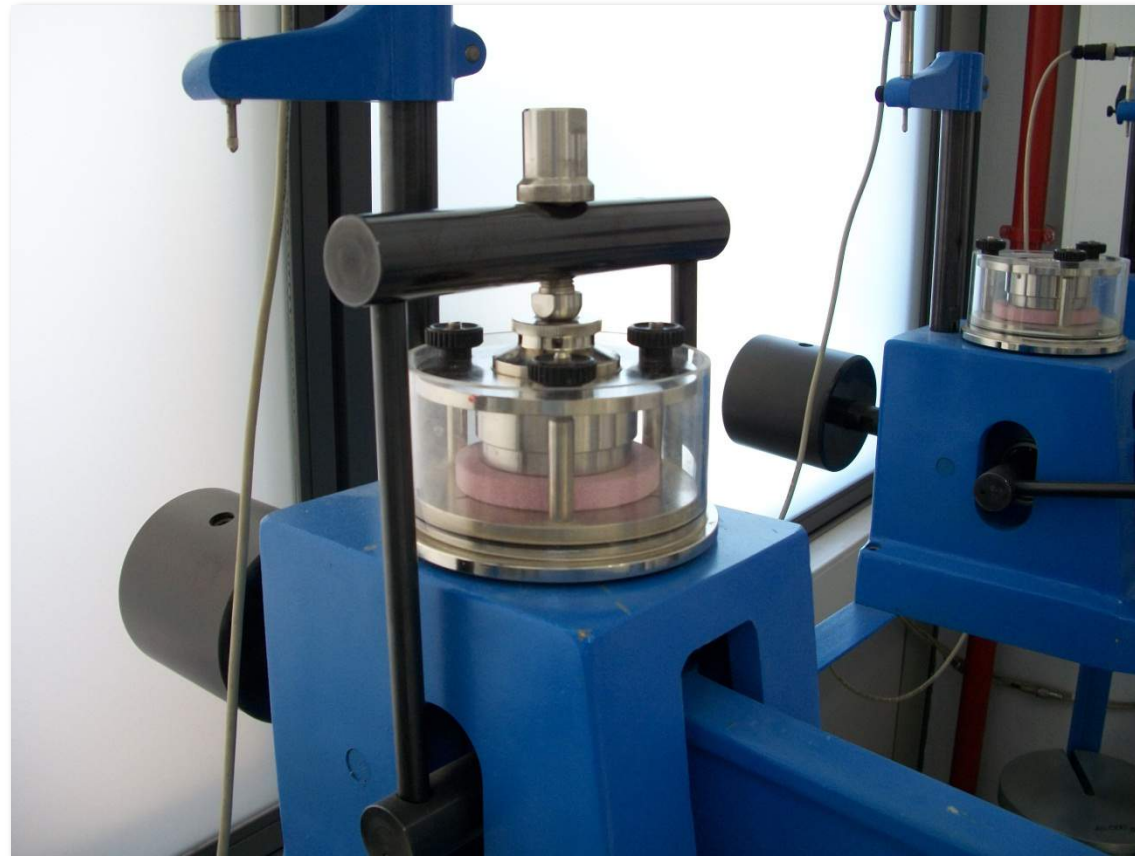
Aplicando momentos respecto de O podemos conocer la fuerza N_i que aplicamos sobre la muestra de suelo al colocar una carga W_i en el colgadero:

$$N_i = \frac{L_w W_i - L_c W_c}{L_N}$$

NOTA: En este cálculo, cuya finalidad es simplemente conocer el funcionamiento del sistema, se ha despreciado el peso de las barras y el colgadero. En la realidad el sistema está calibrado para que exista una relación de palanca N_i - W_i conocida.

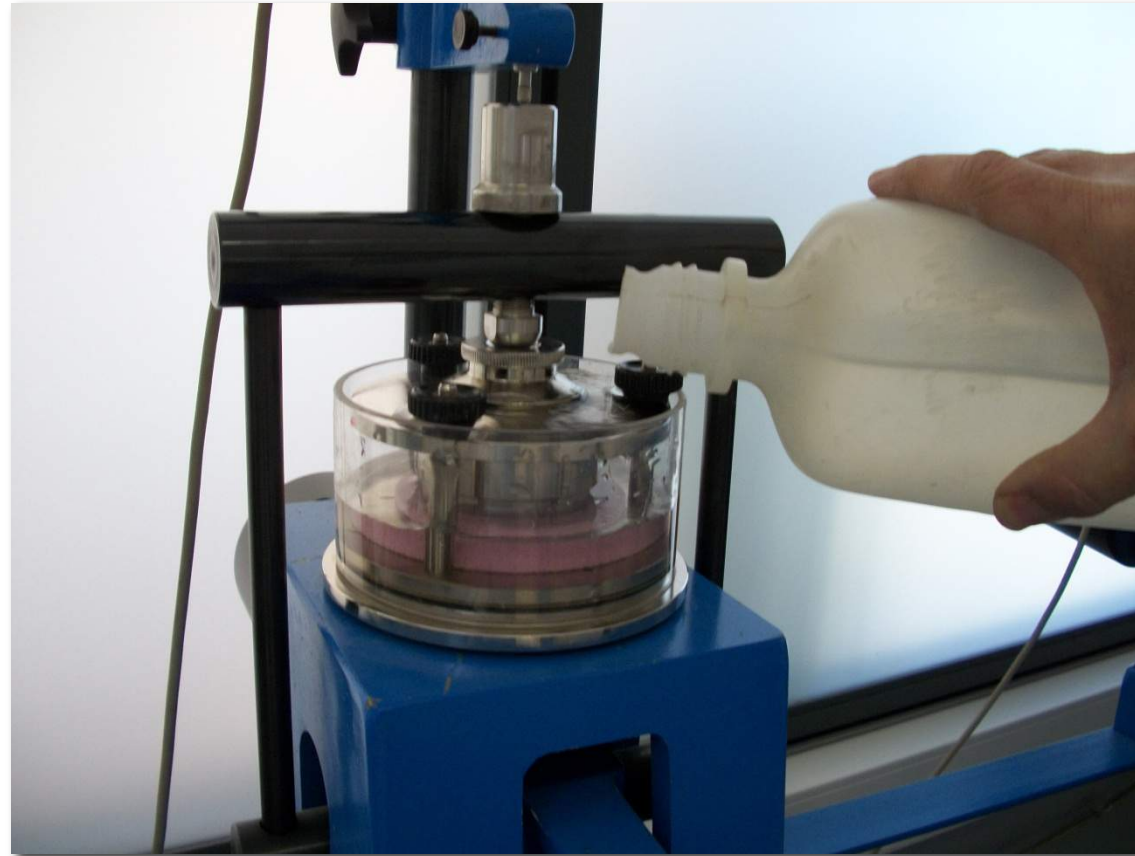
En el ensayo edométrico, la carga (W_i) induce una fuerza (N_i) sobre la muestra de suelo a través del yugo. La relación entre W_i y N_i viene dada por la relación de palanca existente.





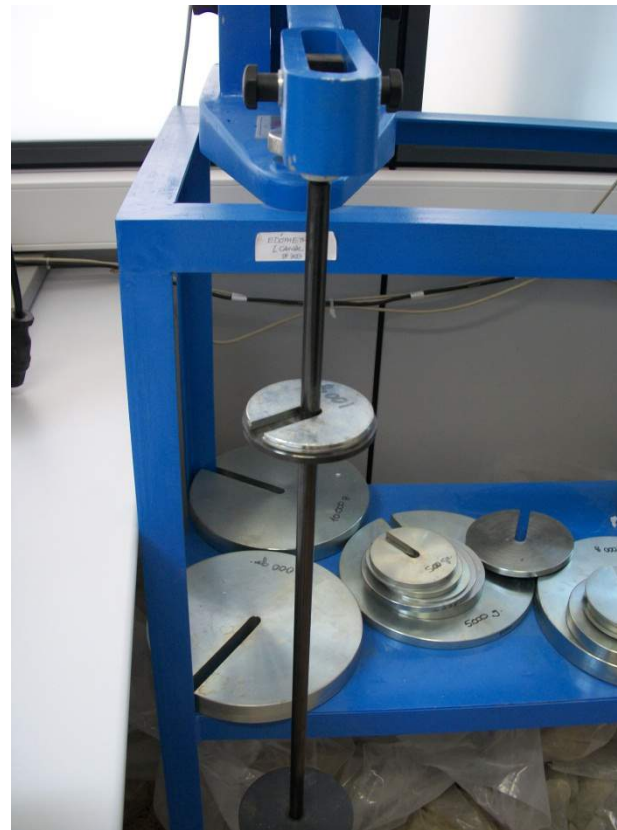
Colocación de la célula edométrica en la bancada





Aporte de agua en la célula edométrica para que la muestra esté saturada





Se coloca una carga y se toman medidas de deformación vertical de la probeta durante 24 horas. Pasadas las 24 horas el proceso se repite para otra carga diferente, haciendo tantos escalones como se haya establecido.





Inicio
carga



W1 → N1 → σ_1



W2 → N2 → σ_2



W3 → N3 → σ_3



W4 → N4 → σ_4



W5 → N5 → σ_5



W6 → N6 → σ_6

Fin carga

Inicio descarga



W7 → N7 → σ_7



W8 → N8 → σ_8



W9 → N9 → σ_9

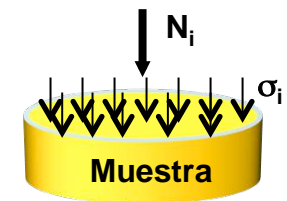


W10 → N10 → σ_{10}



W11 → N11 → σ_{11}

Fin descarga /
Fin ensayo



Aplicación de diferentes escalones de carga mediante la colocación de pesas (W_i). La secuencia usual de carga (N_i) es: 5, 10, 20, 40, 80, 150, 300, 600, 1000 y 1500 kPa. Posteriormente se llevará a cabo la descarga con, como mínimo, dos escalones.

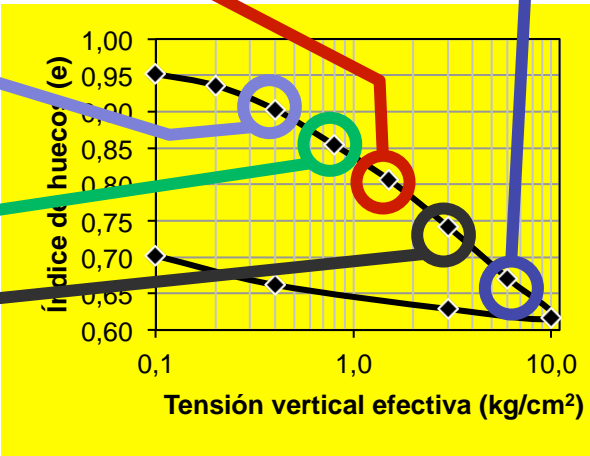
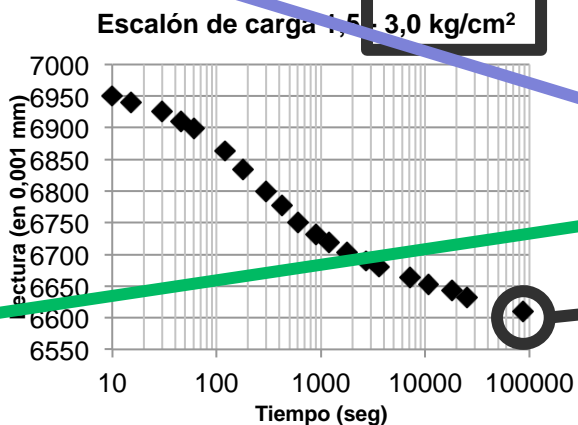
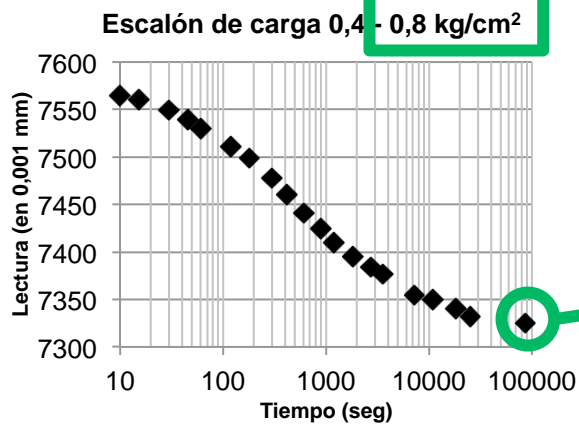
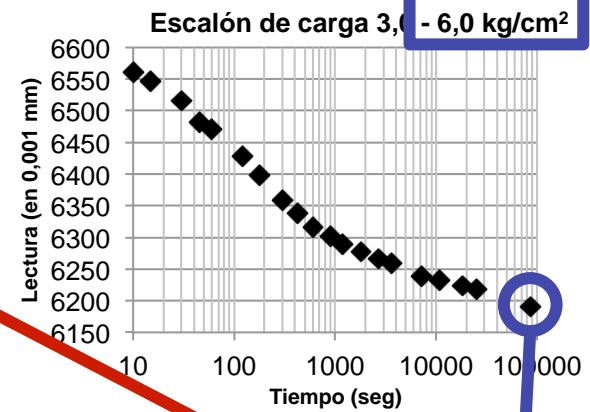
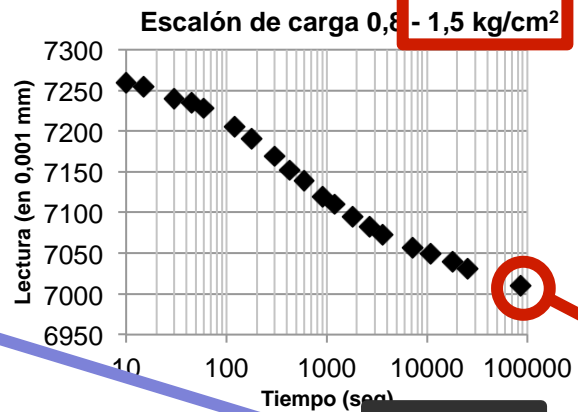
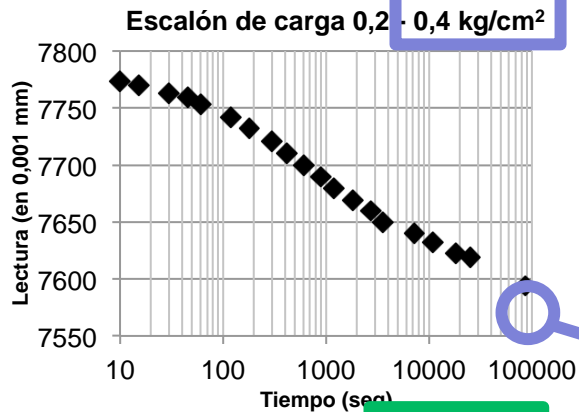
W_i : Peso colocado en el colgador

N_i : Fuerza aplicada a la muestra

$\sigma_i = N_i/A$: Tensión aplicada a la muestra

A: Sección de la probeta

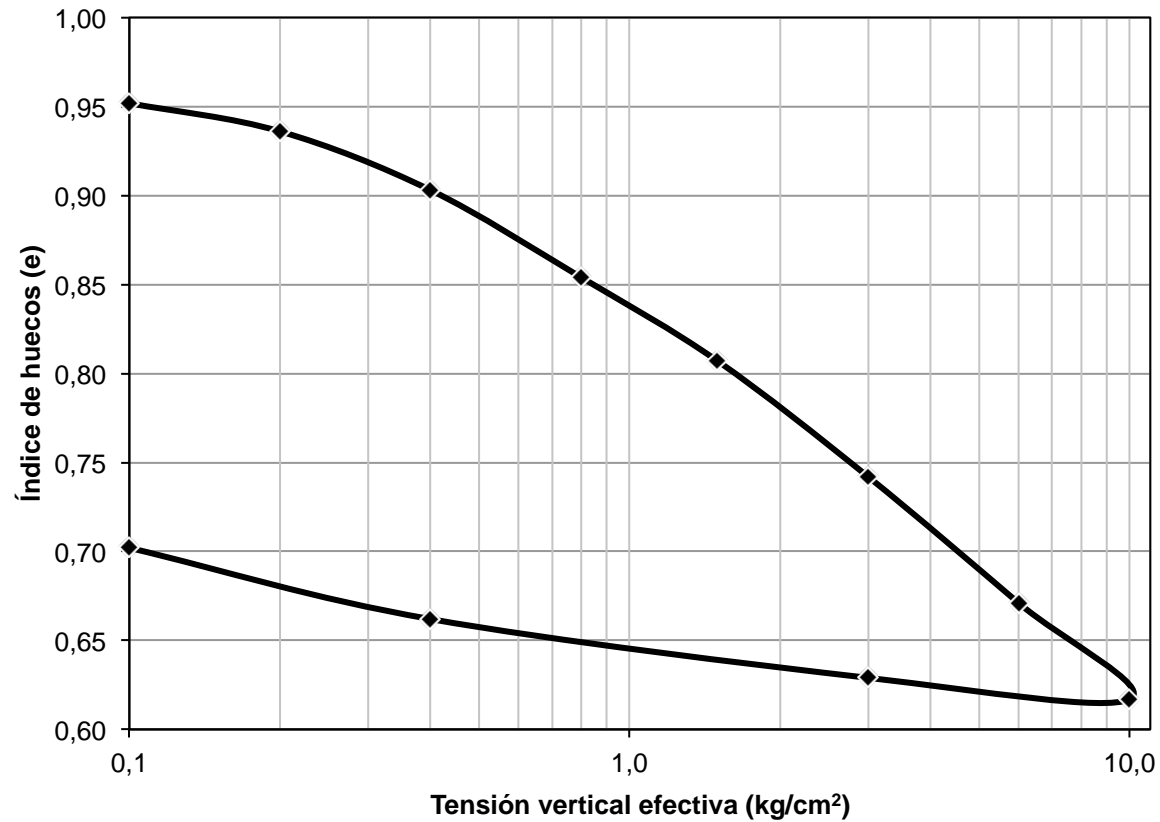




Curva edométrica

Calculando el índice de huecos (e_i) final correspondiente a cada escalón de carga (σ_i) se obtiene la curva edométrica. El índice de huecos final se calculará a partir de las lecturas de deformación vertical de la muestra en cada escalón de carga.





Calculando el índice de huecos (e_i) final correspondiente a cada escalón de carga (σ_i) se obtiene la curva edométrica.

Curva edométrica





Profesores

Roberto Tomás Jover (Coordinador UA)

Miguel Cano González (UA)

Javier García Barba (UA)

Juan Carlos Santamarta Cerezal (Coordinador ULL)

Luis Enrique Hernández Gutiérrez (ULL)

Edición y Montaje

Rubén Carlos Zamora Mozo (UA)

Técnico

Victoriano Rodrigo Ramírez (UA)



**GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)**

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





COMO CITAR ESTE MATERIAL:

Tomás, R., Cano, M., García-Barba, J., Santamarta, J.C., Hernández, L.E., Rodríguez, J.A., Zamora, R. (2013). Prácticas de Ingeniería del Terreno. Universidades de Alicante y de La Laguna. <http://web.ua.es/es/ginter/> ó <http://ocw.ull.es/> (fecha de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.

<http://web.ua.es/es/ginter/>

<http://ocw.ull.es/>

<http://web.ua.es/es/interes/interes-ingenieria-del-terreno-y-sus-estructuras.html>

<http://webpages.ull.es/users/jcsanta/>



GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



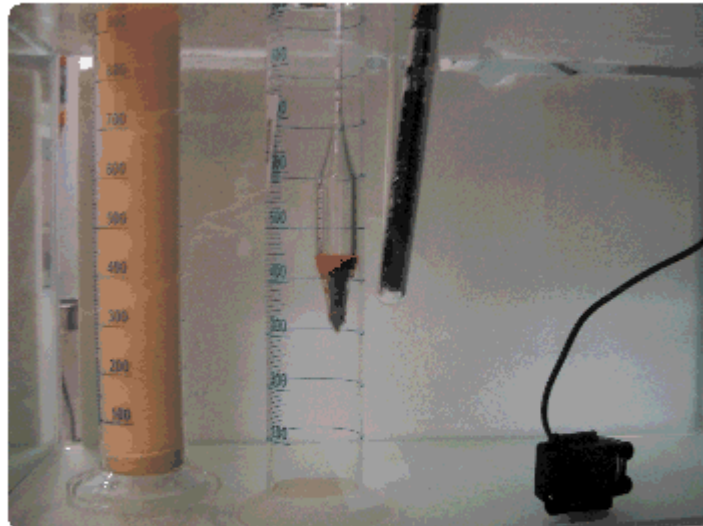
Gobierno de Canarias





Granulometría por sedimentación

Análisis granulométrico de suelos finos por sedimentación Método del densímetro



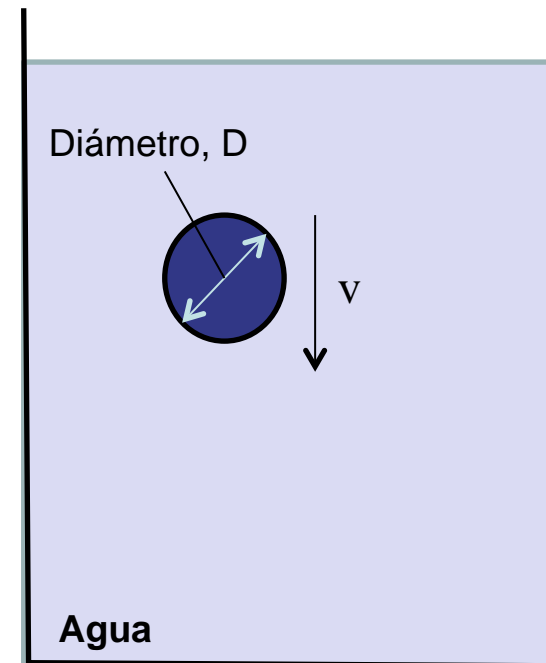
Realización: Grupos GInTE / Ingenia / Interes

UNE 103-102-95





$$v = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{18\eta} D^2$$



Peso específico agua, γ_w
Coef. viscosidad agua, η

Fundamento:

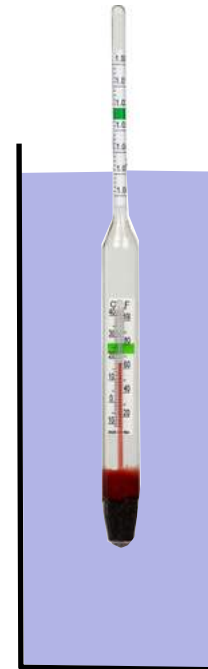
El ensayo se basa en la Ley de Stokes. Según ésta la velocidad (v) de un cuerpo en caída libre en el seno de un fluido viscoso en régimen laminar es directamente proporcional al cuadrado de su diámetro (D).





Paleta

Varillas del
vaso agitador



Agua con
muestra de
suelo

ρ_1

>



Agua
destilada

ρ_0

Material:

Densímetro, batidora, agitador, tamices 2' 00 y 0' 08 mm, probetas graduadas, vasos de precipitado, Hexametáfosfato





Se seca una porción de la muestra en estufa a menos de 60°C





Una vez seca se machaca con un mortero o mazo de goma





Se tamiza por el tamiz 2' 00 mm





Se separa la muestra en finos (pasa el tamiz 2' 00 mm) y gruesos (no pasa el tamiz 2' 00 mm)





La muestra que no ha pasado por el tamiz de 2'00 mm se introduce en una bandeja





Se diluye con agua y se introduce una cucharada de hexametáfosfato sódico, dejándolo actuar 24 horas





Se vuelve a pasar la muestra por el tamiz de 2' 00 mm
recogiendo los finos en una bandeja





Se introduce en el horno a 60°C para secar la muestra y así obtener la cantidad de gruesos del suelo





Se secan los finos recogidos y se añaden a los que han pasado por el tamiz 2' 00 mm





Se diluye una cucharada de Hexametáfosfato sódico en 125 ml de agua destilada y se agita con el agitador





Se ponen aproximadamente 50 gramos de la muestra de finos en un vaso de precipitados





Se mezcla en el vaso de precipitados con la muestra y se añade agua destilada hasta 5 cm del borde





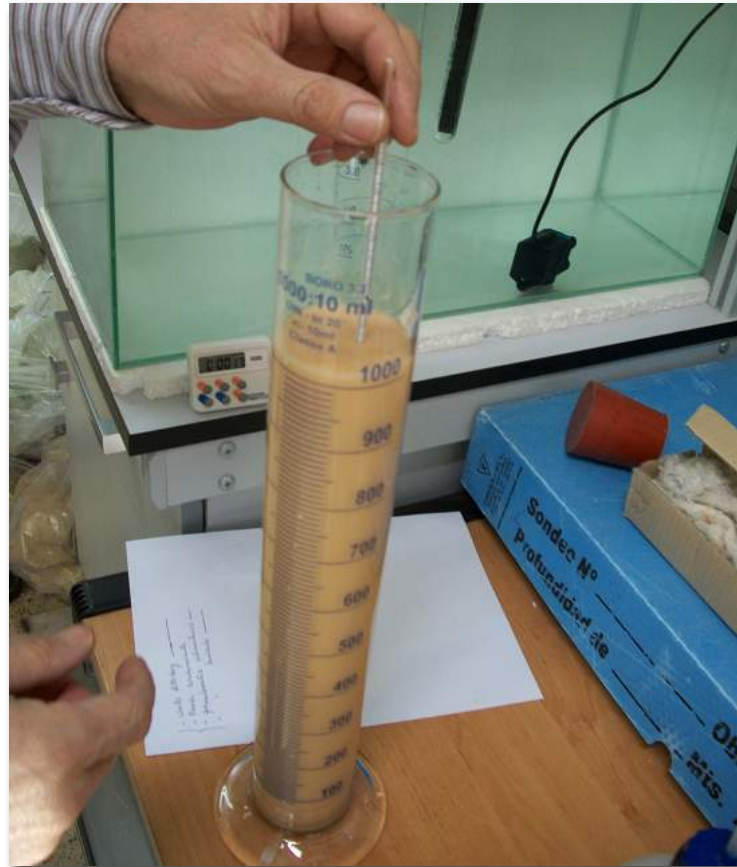
Se agita con la batidora durante 1 minuto a no menos de 10.000 r.p.m





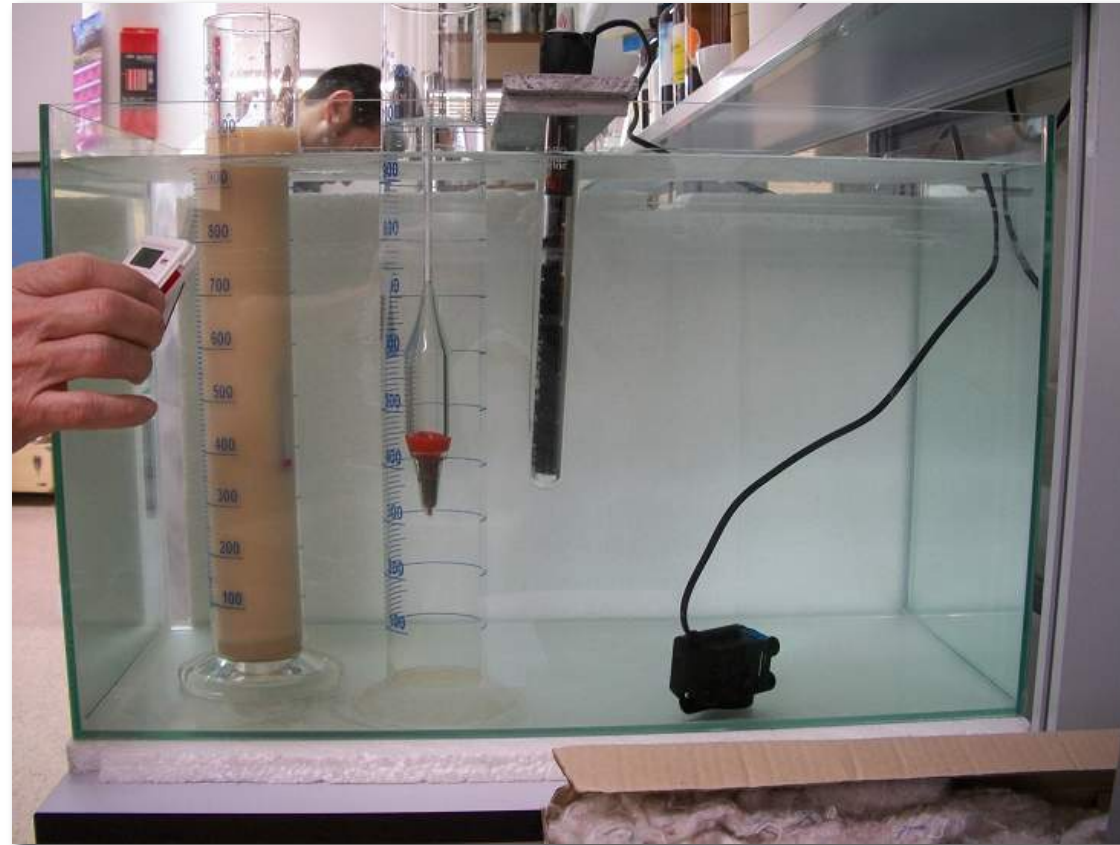
Inmediatamente se pasa la dispersión preparada a la probeta graduada y se añade agua destilada hasta completar 1 litro





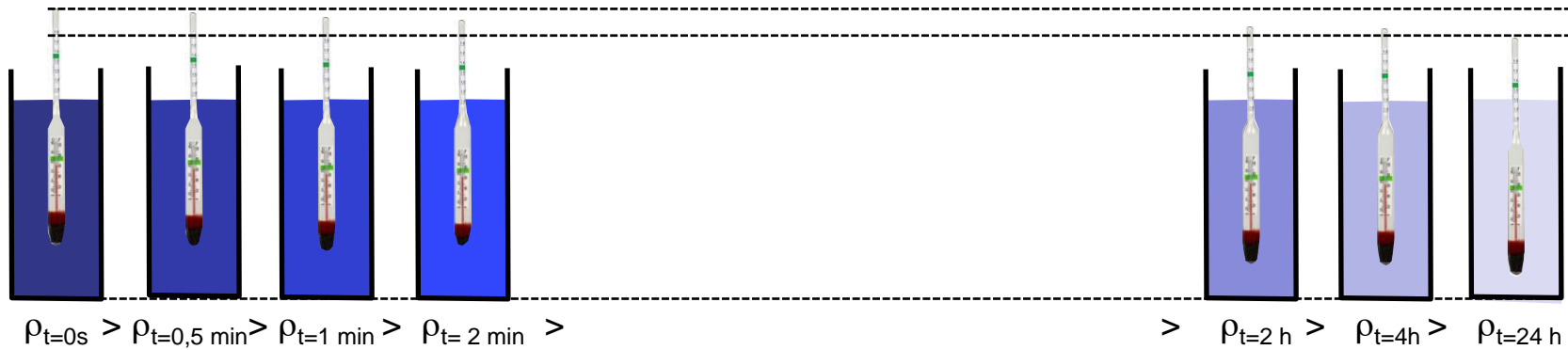
Se agita vigorosamente y se introduce el densímetro en la suspensión para comprobar que flota libremente





Se introduce en el baño termostático y se anotan las lecturas de densidad leídas en el vástago del densímetro





La secuencia de lecturas será: 0.5, 1, 2, 5, 15, 30, 60, 120, 240 y 1440 minutos realizando al menos 7 lecturas. La temperatura del agua deberá mantenerse constante, dentro de unos límites permitidos por la norma, durante todo el ensayo.





Pasadas unas 24 horas se pasa por el tamiz 0'08 mm y se decanta en una bandeja





Se introduce en el horno a 60°C para secar la muestra y así obtener la cantidad de finos del suelo





$$R_h = (R'_h - 1) \times 1000$$

$$R = R_h + C_m + C_t - C_d$$

R_h : densidad de cálculo

R'_h : densidad leída en el vástago del densímetro

C_m : corrección por menisco

C_t : corrección por temperatura

C_d : corrección por dispersante

La profundidad efectiva H_r correspondiente a cada densidad R_h se obtiene a partir de un calibrado previo,

A partir de estos valores obtenemos D y K:

Diámetro equivalente de las partículas, D (mm)

$$D = 0,005531 \sqrt{\frac{\eta H_r}{(\rho_s - 1)t}}$$

Porcentaje en masa que pasa por D, K (%)

$$K = \frac{\rho_s}{m_d(\rho_s - 1)} R_h \cdot 100$$

Se calcula la densidad de cálculo (R_h) a partir del valor medido en el vástago del densímetro (R'_h) aplicando la expresión mostrada

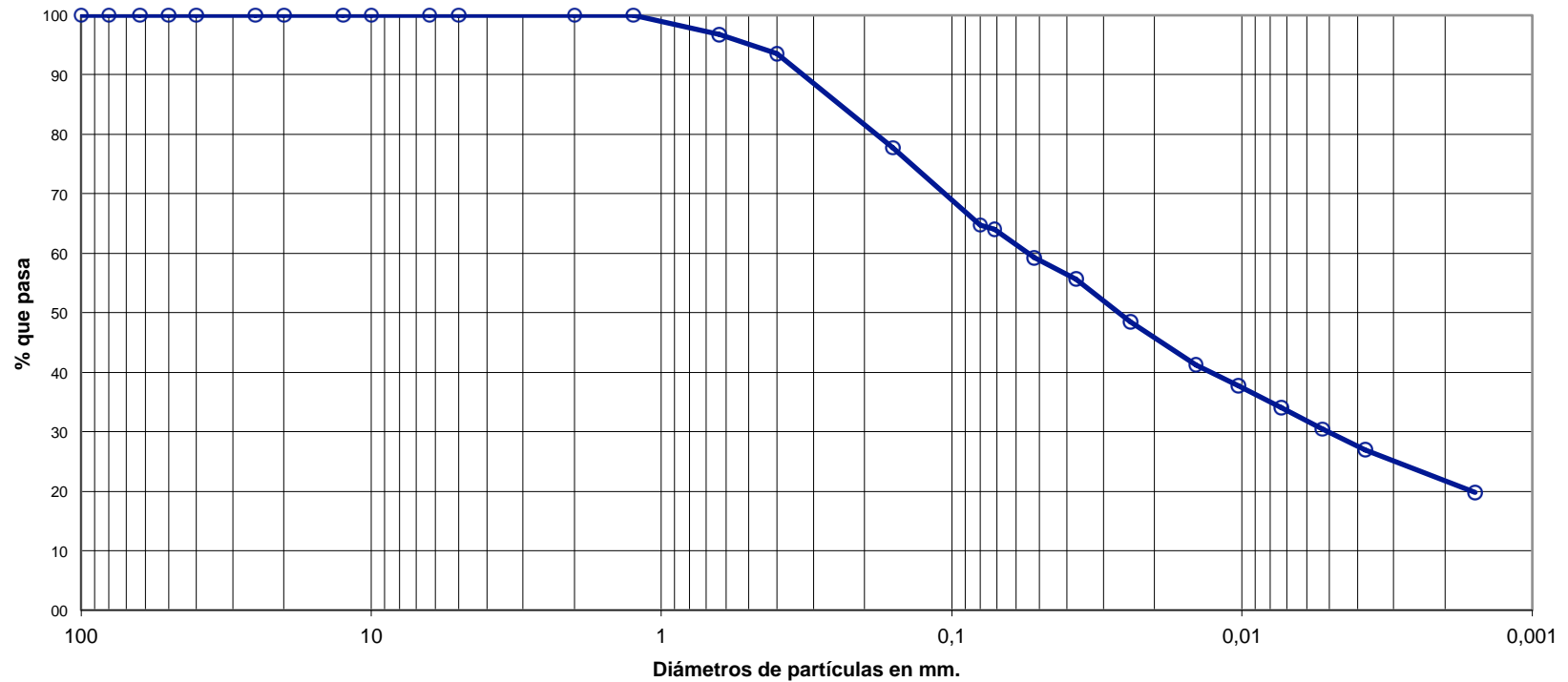
η : viscosidad del agua

ρ_s : densidad relativa partículas de suelo





Diagrama granulométrico



A partir de los datos obtenidos puede determinarse la curva granulométrica de la fracción fina del suelo y para arenas ($\varnothing < 2$ mm) .





Profesores

Roberto Tomás Jover (Coordinador UA)

Miguel Cano González (UA)

Javier García Barba (UA)

Juan Carlos Santamarta Cerezal (Coordinador ULL)

Luis Enrique Hernández Gutiérrez (ULL)

Edición y Montaje

Rubén Carlos Zamora Mozo (UA)

Técnico

Victoriano Rodrigo Ramírez (UA)



**GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)**

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





COMO CITAR ESTE MATERIAL:

Tomás, R., Cano, M., García-Barba, J., Santamarta, J.C., Hernández, L.E., Rodríguez, J.A., Zamora, R. (2013). Prácticas de Ingeniería del Terreno. Universidades de Alicante y de La Laguna. <http://web.ua.es/es/ginter/> ó <http://ocw.ull.es/> (fecha de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.

<http://web.ua.es/es/ginter/>

<http://ocw.ull.es/>

<http://web.ua.es/es/interes/interes-ingenieria-del-terreno-y-sus-estructuras.html>

<http://webpages.ull.es/users/jcsanta/>



GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





Granulometría por tamizado

Análisis granulométrico de suelos por tamizado



Realización: Grupos GInTE / Ingenia / Interes

UNE 103-101-95





Material:

Tamices (100, 80, 63, 50, 40, 25, 20, 12' 5, 10, 6' 3, 5, 2, 1' 25,
0' 40, 0' 16 y 0' 08 mm)





Se seca una porción de la muestra en estufa a menos de 60°C



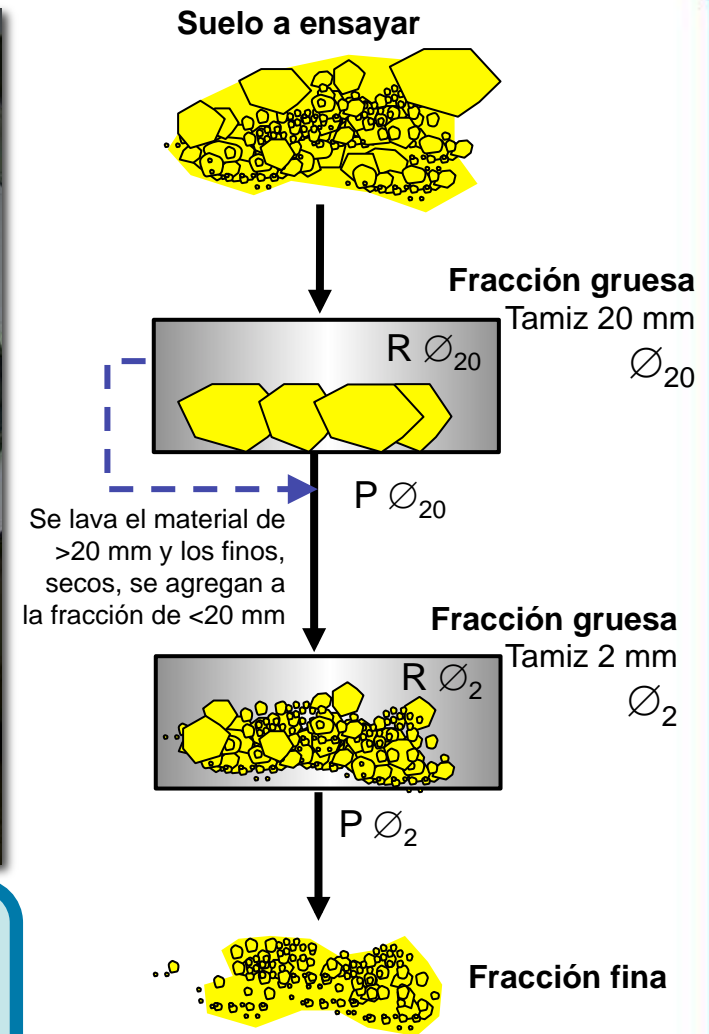


Se tamiza por el tamiz 20 mm y por el tamiz 2' 00 mm





Una vez tamizados se disponen de tres fracciones diferentes: la muestra de finos (pasa el tamiz 2' 00 mm) y gruesos (la que no pasa el tamiz 2' 00 mm) que a su vez se separa en fracción >20 mm y < 20 mm.

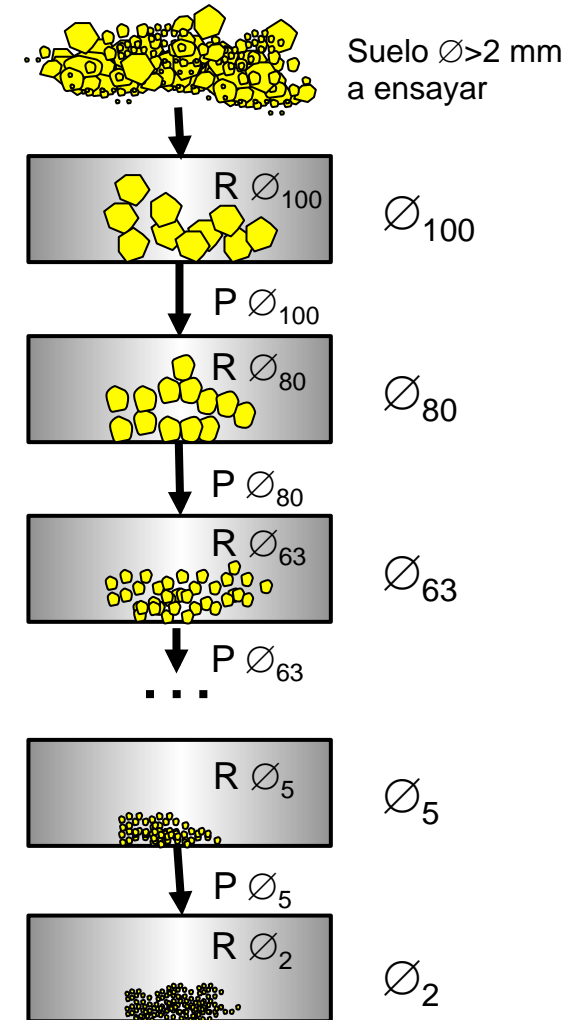


R: Retiene; P: Pasa





Fracción gruesa <20 mm. Luego de lleva a cabo el tamizado para separar las diferentes partículas 100, 80, 63, 50, 40, 25, 20, 12' 5, 10, 6' 3, 5 y 2 mm comenzando en orden decreciente y se anotan las cantidades retenidas (R) por cada tamiz \emptyset .

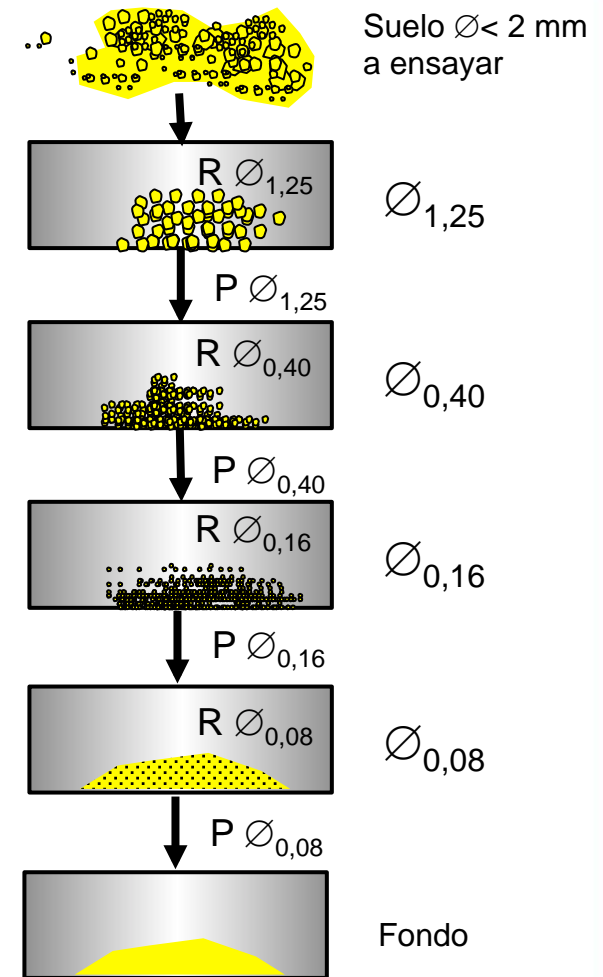


R: Retiene; P: Pasa



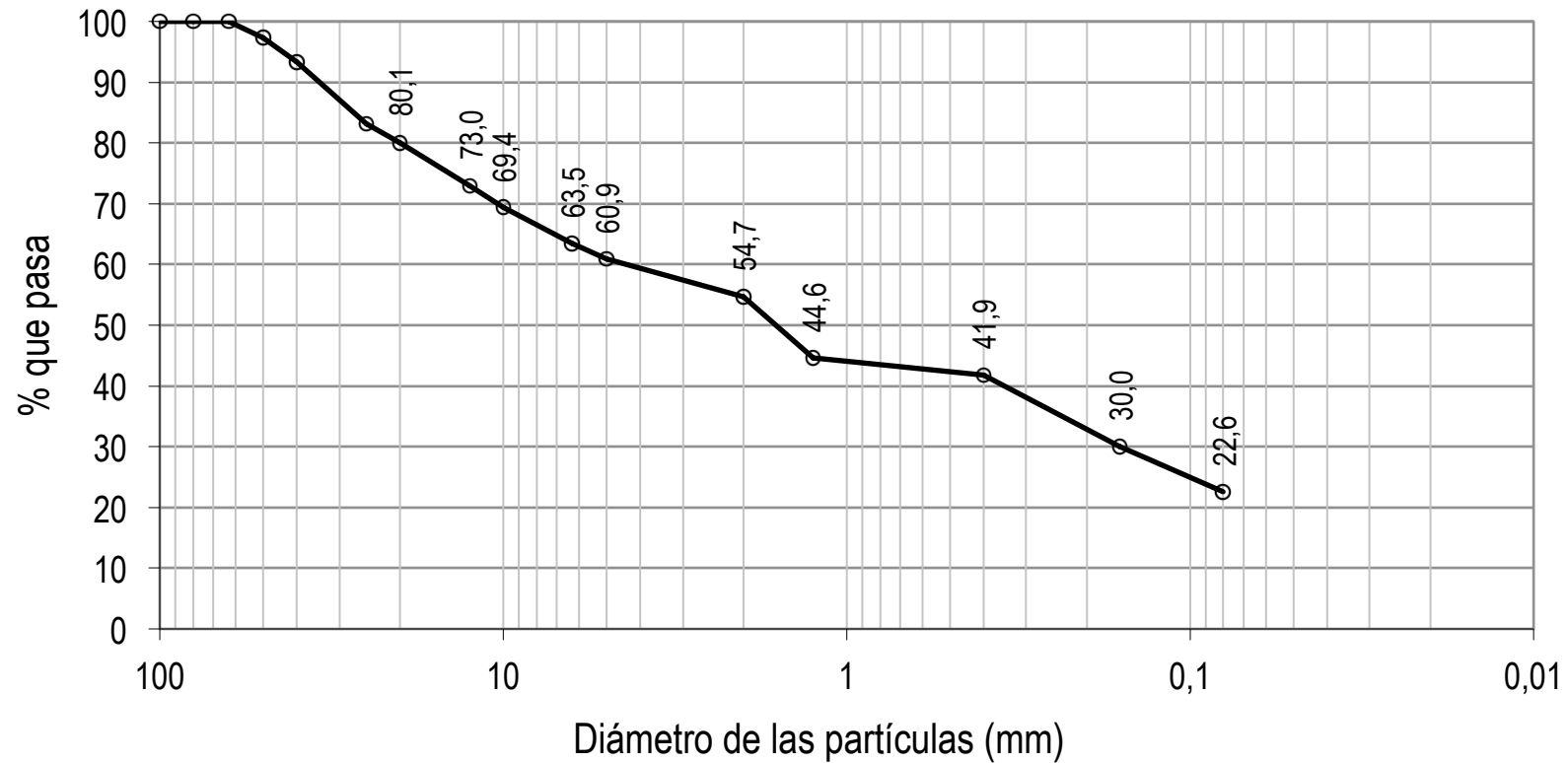


Fracción granular fina. De forma idéntica se realizaría el ensayo para partículas finas con los tamices de 1'25, 0'40, 0'16 y 0'08 mm anotando los pesos retenidos (R) por cada tamiz (\emptyset).



R: Retiene; P: Pasa





Los resultados se expresan en un gráfico X-Diámetros (en escala logarítmica) e Y-porcentaje de suelo que pasa. La curva resultante de representar los valores del ensayo se denomina curva granulométrica.





Profesores

Roberto Tomás Jover (Coordinador UA)

Miguel Cano González (UA)

Javier García Barba (UA)

Juan Carlos Santamarta Cerezal (Coordinador ULL)

Luis Enrique Hernández Gutiérrez (ULL)

Edición y Montaje

Rubén Carlos Zamora Mozo (UA)

Técnico

Victoriano Rodrigo Ramírez (UA)



**GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)**

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





COMO CITAR ESTE MATERIAL:

Tomás, R., Cano, M., García-Barba, J., Santamarta, J.C., Hernández, L.E., Rodríguez, J.A., Zamora, R. (2013). Prácticas de Ingeniería del Terreno. Universidades de Alicante y de La Laguna. <http://web.ua.es/es/ginter/> ó <http://ocw.ull.es/> (fecha de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.

<http://web.ua.es/es/ginter/>

<http://ocw.ull.es/>

<http://web.ua.es/es/interes/interes-ingenieria-del-terreno-y-sus-estructuras.html>

<http://webpages.ull.es/users/jcsanta/>



GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





Humedad natural del suelo

Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa



Realización: Grupos GInTE / Ingenia / Interes

UNE 103-300-93





Material:

Tara y recipientes que soporten la corrosión





Se pesa una tara vacía (WR)





Se coge una muestra de suelo





Se coloca la muestra en una tara y se mide su peso con la ayuda de una balanza (WT)





Se lleva la tara a un horno durante un periodo de 24 horas a una temperatura entre los 105°C y 115°C





Se saca la muestra del horno y se vuelve a medir su masa en seco (WS)





WR: Masa del recipiente (Tara) = W_R

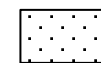
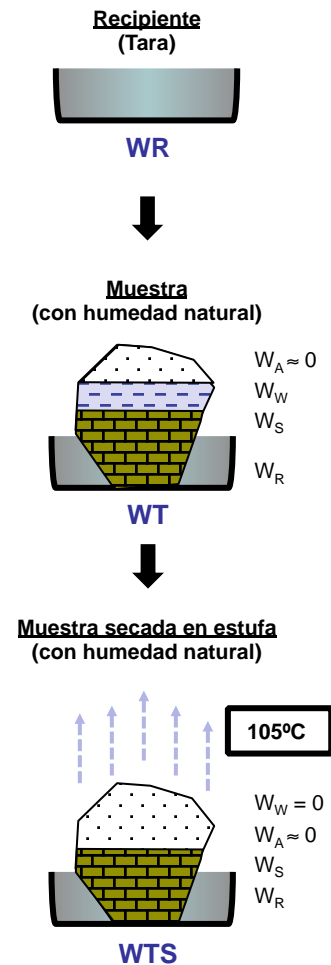
WT: Masa total de la muestra = $W_S + W_W + W_R$

WTS: Masa total de la muestra secada en estufa = $W_S + W_R$

W: Humedad natural del suelo determinada por secado en estufa (%)

$$W(\%) = \frac{(WT - WTS)}{(WTS - WR)} \times 100$$

Se calculan los parámetros necesarios para determinar la humedad natural del suelo a partir de los datos conocidos (*en azul*)



Aire



Agua



Sólido





Profesores

Roberto Tomás Jover (Coordinador UA)

Miguel Cano González (UA)

Javier García Barba (UA)

Juan Carlos Santamarta Cerezal (Coordinador ULL)

Luis Enrique Hernández Gutiérrez (ULL)

Edición y Montaje

Rubén Carlos Zamora Mozo (UA)

Técnico

Victoriano Rodrigo Ramírez (UA)



**GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)**

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





COMO CITAR ESTE MATERIAL:

Tomás, R., Cano, M., García-Barba, J., Santamarta, J.C., Hernández, L.E., Rodríguez, J.A., Zamora, R. (2013). Prácticas de Ingeniería del Terreno. Universidades de Alicante y de La Laguna. <http://web.ua.es/es/ginter/> ó <http://ocw.ull.es/> (fecha de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.

<http://web.ua.es/es/ginter/>

<http://ocw.ull.es/>

<http://web.ua.es/es/interes/interes-ingenieria-del-terreno-y-sus-estructuras.html>

<http://webpages.ull.es/users/jcsanta/>



GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





Penetrómetro de cono

Determinación del límite líquido de un suelo mediante el método del penetrómetro de cono



Realización: Grupos GInTE / Ingenia / Interes

BS-1377





Material:

Penetrómetro, 3 recipientes, espátulas y chapa metálica





Se prepara la muestra, amasándola a la humedad del límite líquido aproximadamente, sobre una superficie lisa.





Se deja la muestra a ensayar durante 2 horas en cámara húmeda





Después se amasa de nuevo, añadiendo agua para ensayar el suelo con 3 humedades diferentes





Se colocan las muestras de suelo en los recipientes y se calibra el penetrómetro con la chapa metálica





Se procede a ensayar la muestra 1 para obtener su penetración (P_1) y su humedad (W_1)





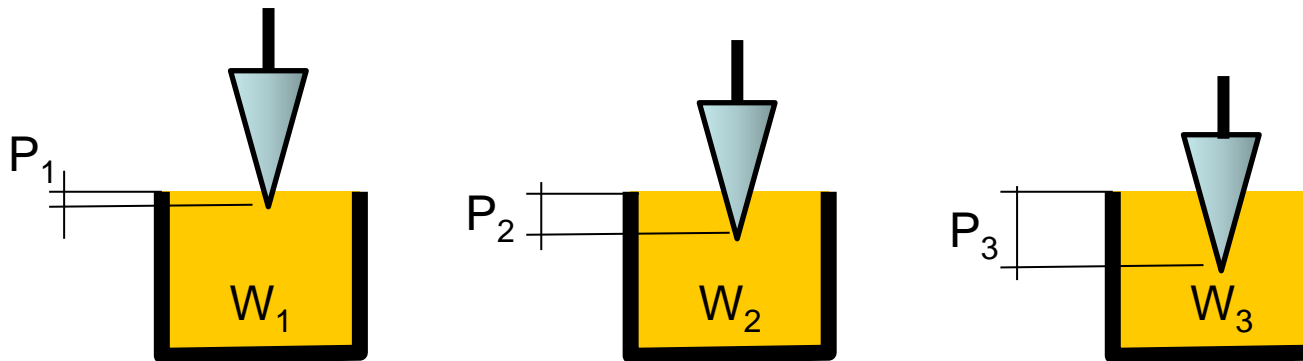
Se ensaya la muestra 2 y se obtiene su penetración (P_2) y su humedad (W_2)





Se procede a ensayar la muestra 3 y se obtiene su penetración (P_3) y su humedad (W_3)

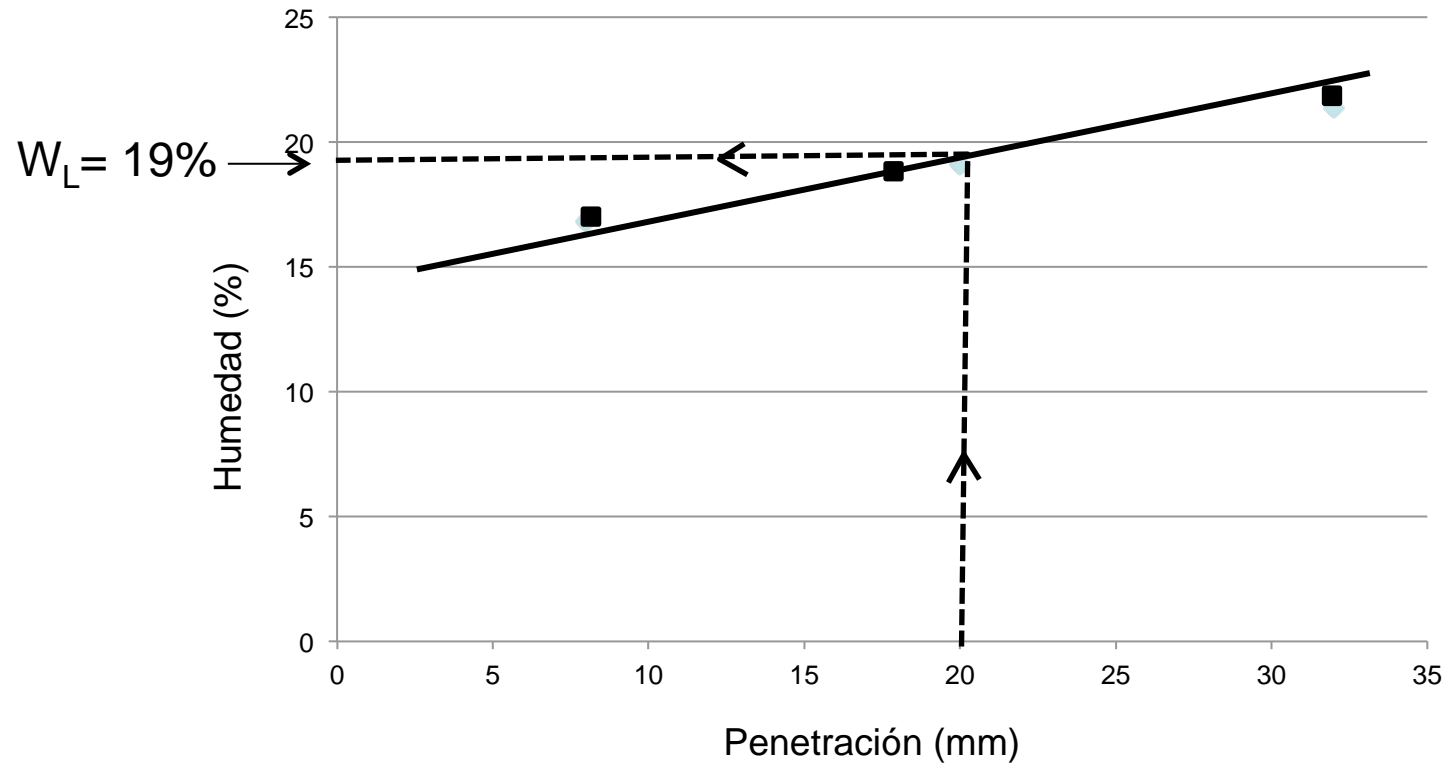




Humedad \longrightarrow $W_1 < W_2 < W_3$
Penetración \longrightarrow $P_1 < P_2 < P_3$

Obsérvese que la humedad y la penetración están directamente relacionadas entre sí.





Hacemos la gráfica Humedad-Penetración para obtener la recta. Calculamos el valor de 20 mm, ya que la humedad que representa el límite líquido corresponde a este valor





Profesores

Roberto Tomás Jover (Coordinador UA)

Miguel Cano González (UA)

Javier García Barba (UA)

Juan Carlos Santamarta Cerezal (Coordinador ULL)

Luis Enrique Hernández Gutiérrez (ULL)

Edición y Montaje

Rubén Carlos Zamora Mozo (UA)

Técnico

Victoriano Rodrigo Ramírez (UA)



**GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)**

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





COMO CITAR ESTE MATERIAL:

Tomás, R., Cano, M., García-Barba, J., Santamarta, J.C., Hernández, L.E., Rodríguez, J.A., Zamora, R. (2013). Prácticas de Ingeniería del Terreno. Universidades de Alicante y de La Laguna. <http://web.ua.es/es/ginter/> ó <http://ocw.ull.es/> (fecha de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.

<http://web.ua.es/es/ginter/>

<http://ocw.ull.es/>

<http://web.ua.es/es/interes/interes-ingenieria-del-terreno-y-sus-estructuras.html>

<http://webpages.ull.es/users/jcsanta/>



GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





Ensayo Límite Líquido

Determinación del límite líquido de un suelo por el método del aparato de Casagrande



Realización: Grupos GInTE / Ingenia / Interes

UNE 103-103-94





Material:

Aparato de Casagrande, acanaladores, espátulas y pesasustancias con tapa





Cuchara de
aleación
de cobre



Base
elastomérica

Aparato o Cuchara de Casagrande





Se prepara la muestra, amasándola a la humedad del límite líquido aproximadamente, sobre una superficie lisa.





Se deja la muestra a ensayar durante 2 horas en cámara húmeda





Después se amasa de nuevo, añadiendo agua si fuese necesario al final de este periodo





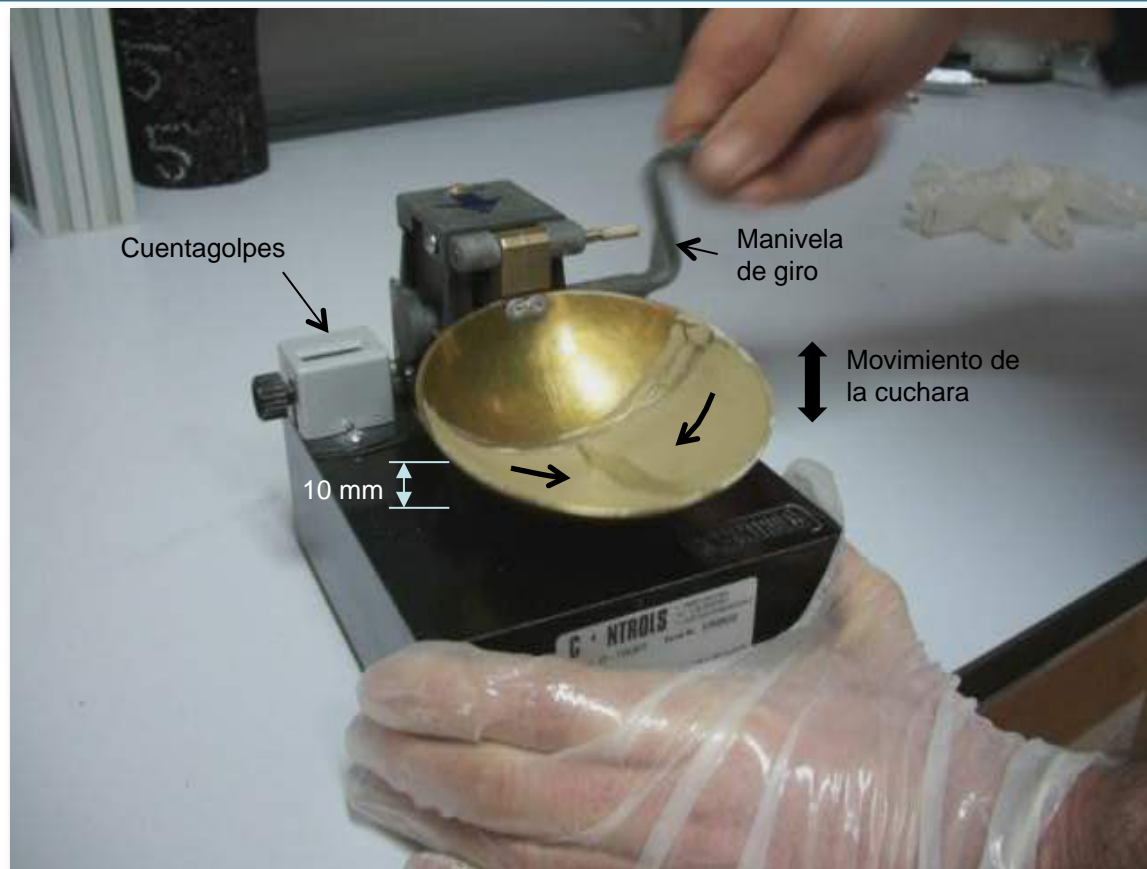
Se coloca la muestra sobre la cuchara de Casagrande





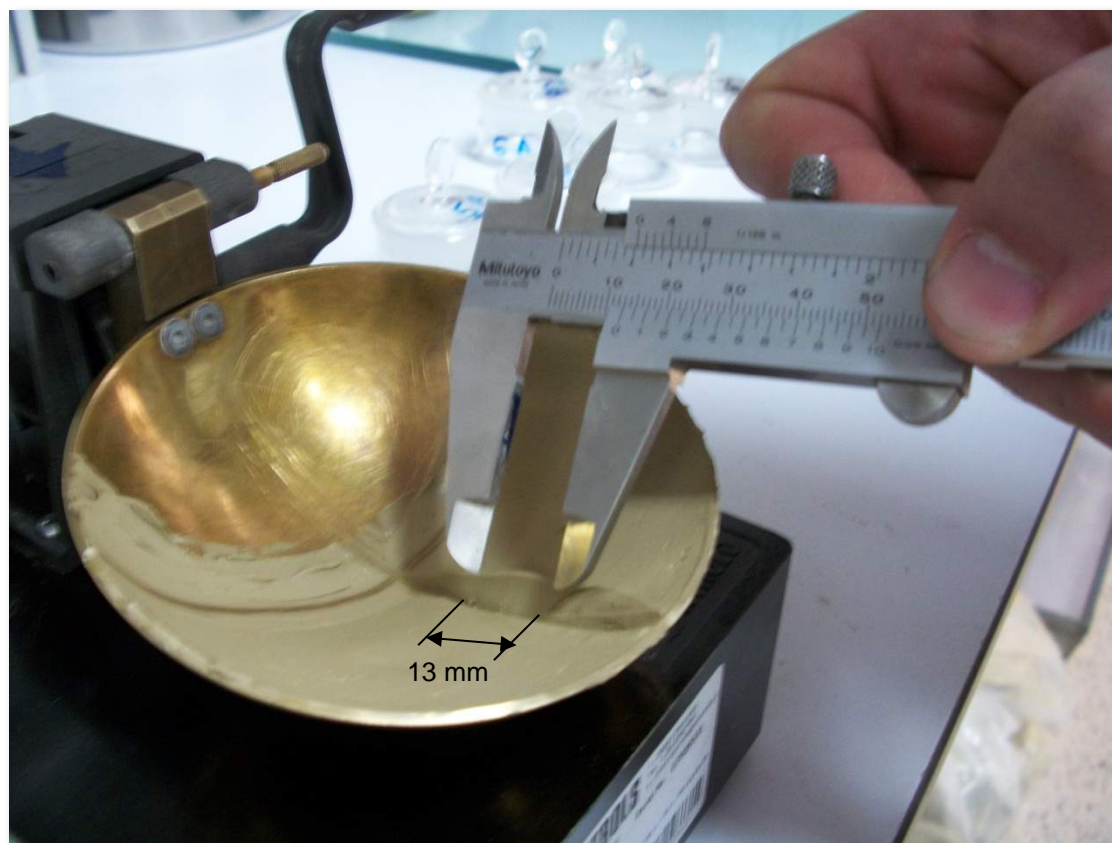
Se realiza la acanaladura sobre la muestra





Se deja caer la cuchara desde una altura de 10 mm a una cadencia de 2 golpes por segundo





Antes



Después



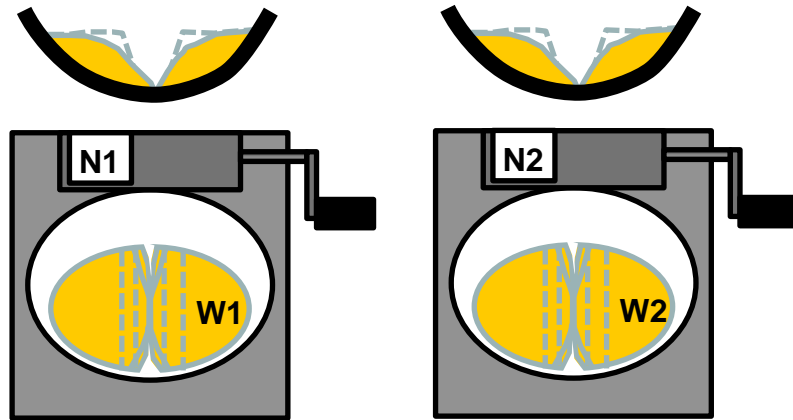
Se cuenta el número de golpes (Ni) necesarios hasta que la abertura se cierra a lo largo de 13 mm, debiendo estar comprendido el número de golpes entre 15 y 35.





Se extrae una muestra de 10-15 gr de la zona de unión para obtener la humedad (W_i).





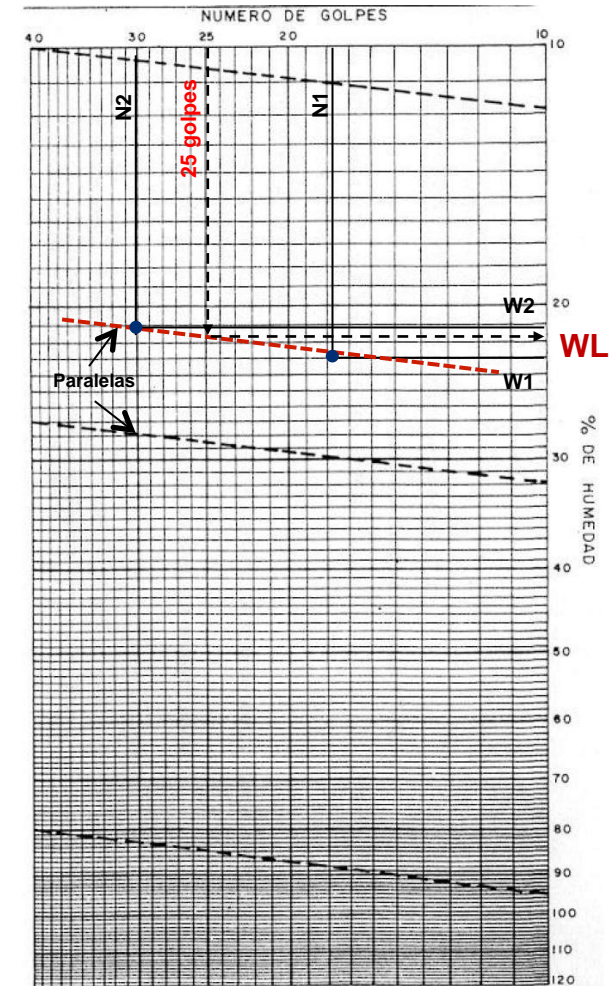
N1 (golpes)
W1 (%)

$N1 \in [15, 25]$

N2 (golpes)
W2 (%)

$N2 \in [25, 35]$

Se repite el mismo proceso para diferentes humedades hasta obtener una determinación entre 15 y 25 golpes y otra entre 25 y 35 golpes. Se representan los datos en el gráfico normalizado y se obtiene la humedad correspondiente a 25 golpes que corresponde al Límite Líquido.





Profesores

Roberto Tomás Jover (Coordinador UA)

Miguel Cano González (UA)

Javier García Barba (UA)

Juan Carlos Santamarta Cerezal (Coordinador ULL)

Luis Enrique Hernández Gutiérrez (ULL)

Edición y Montaje

Rubén Carlos Zamora Mozo (UA)

Técnico

Victoriano Rodrigo Ramírez (UA)



**GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)**

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





COMO CITAR ESTE MATERIAL:

Tomás, R., Cano, M., García-Barba, J., Santamarta, J.C., Hernández, L.E., Rodríguez, J.A., Zamora, R. (2013). Prácticas de Ingeniería del Terreno. Universidades de Alicante y de La Laguna. <http://web.ua.es/es/ginter/> ó <http://ocw.ull.es/> (fecha de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.

<http://web.ua.es/es/ginter/>

<http://ocw.ull.es/>

<http://web.ua.es/es/interes/interes-ingenieria-del-terreno-y-sus-estructuras.html>

<http://webpages.ull.es/users/jcsanta/>



GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





Ensayo Límite Plástico

Determinación del límite plástico de un suelo



Realización: Grupos GInTE / Ingenia / Interes

UNE 103-104-93





Material:

Espátula de hoja flexible, una superficie lisa y pesasustancias con tapa





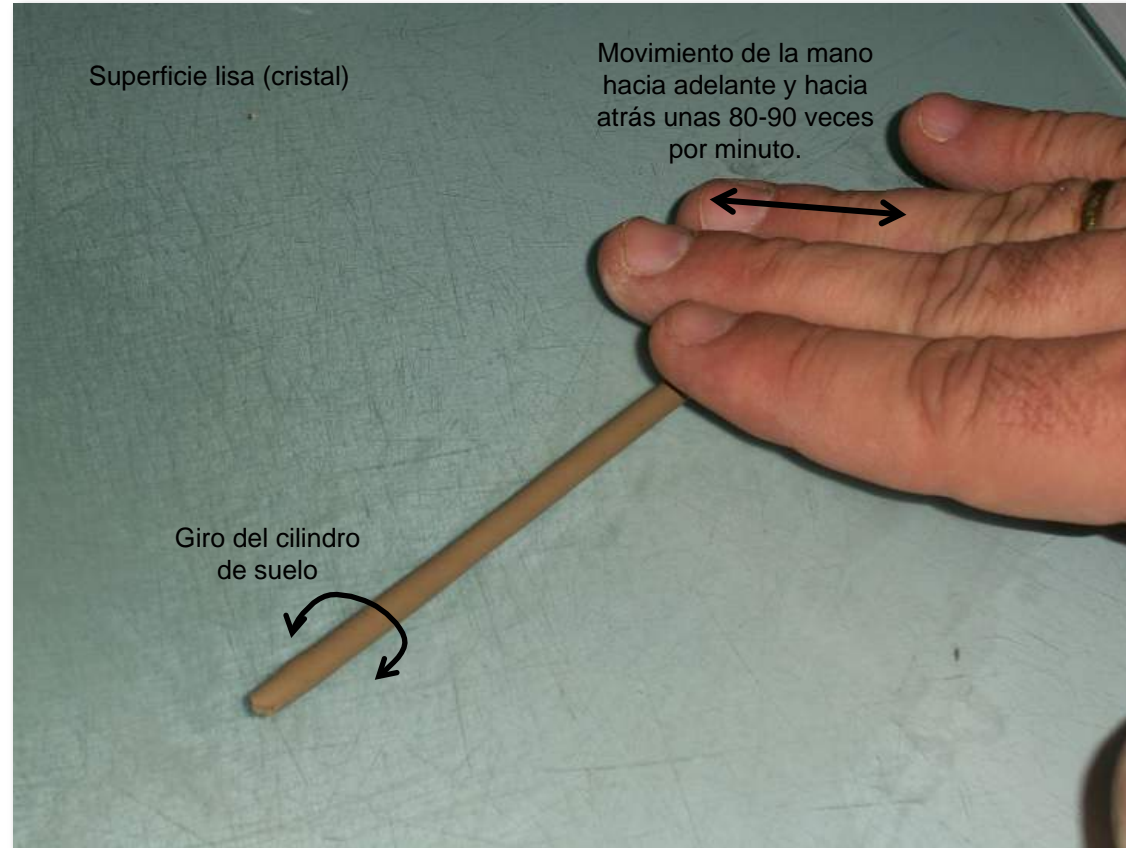
Se prepara la muestra, amasándola a la humedad del límite plástico





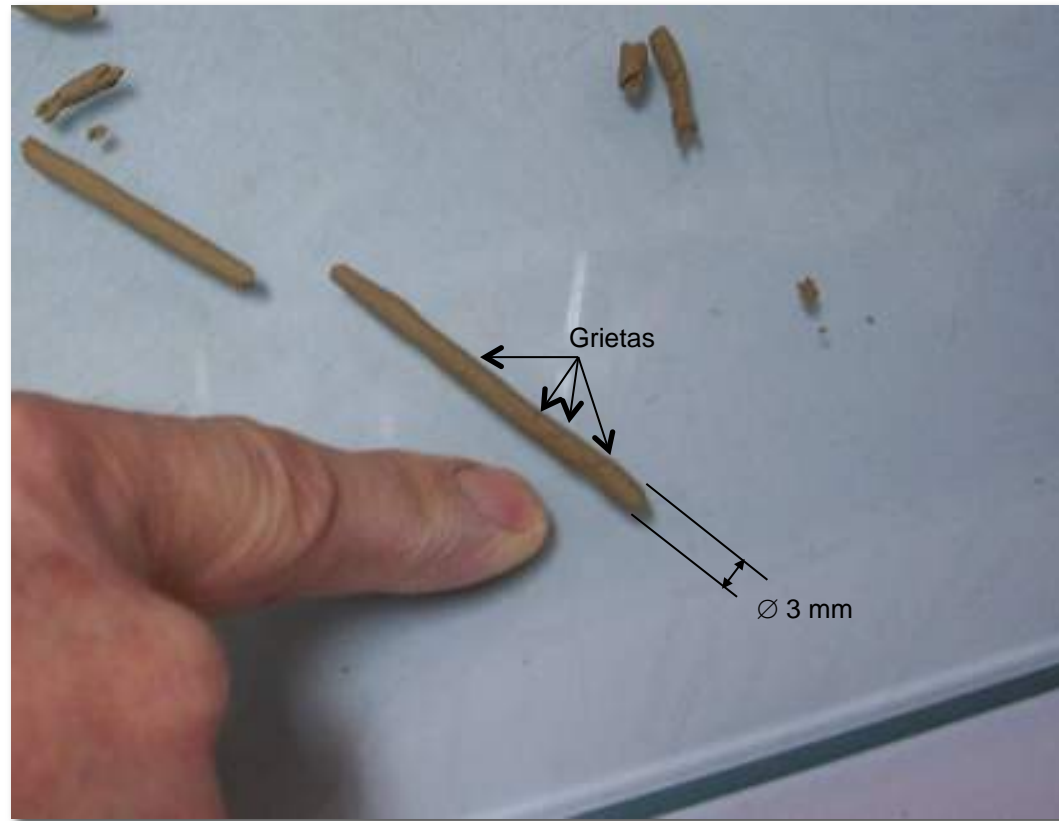
Se moldea la mitad de la muestra en forma de elipsoide y se hace rodar entre los dedos





Se amasan los cilindros sobre una superficie lisa





Se amasan los cilindros hasta obtener un grosor de 3 mm
en los que se aprecien grietas





Se colocan los cilindros en el pesasustancias y se pesan (WI)





Se seca la muestra en una estufa a 110 °C durante 24 horas



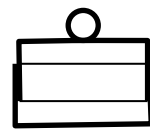


Pesado de la muestra pasadas las 24 horas (WII)



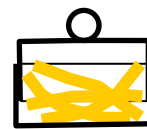


Masa del
pesasustancias



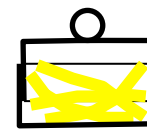
W0

Masa del
pesasustancias con
los cilindros de suelo
con una humedad
igual al límite plástico



W1

Masa del
pesasustancias con
los cilindros de
suelo secos



WII

W0: Masa del pesasustancias vacío

W1: Masa del pesasustancias con cilindros de suelo con una humedad igual al límite plástico del suelo

W3: Masa del pesasustancias con cilindros secos

$$W_P(\%) = \frac{WII - WI}{WII - W0} \times 100$$

El límite plástico es la media aritmética de las humedad de los cilindros en ambas determinaciones expresado en tanto por ciento





Profesores

Roberto Tomás Jover (Coordinador UA)

Miguel Cano González (UA)

Javier García Barba (UA)

Juan Carlos Santamarta Cerezal (Coordinador ULL)

Luis Enrique Hernández Gutiérrez (ULL)

Edición y Montaje

Rubén Carlos Zamora Mozo (UA)

Técnico

Victoriano Rodrigo Ramírez (UA)



**GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)**

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





COMO CITAR ESTE MATERIAL:

Tomás, R., Cano, M., García-Barba, J., Santamarta, J.C., Hernández, L.E., Rodríguez, J.A., Zamora, R. (2013). Prácticas de Ingeniería del Terreno. Universidades de Alicante y de La Laguna. <http://web.ua.es/es/ginter/> ó <http://ocw.ull.es/> (fecha de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.

<http://web.ua.es/es/ginter/>

<http://ocw.ull.es/>

<http://web.ua.es/es/interes/interes-ingenieria-del-terreno-y-sus-estructuras.html>

<http://webpages.ull.es/users/jcsanta/>



GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





Ensayo Densidad relativa

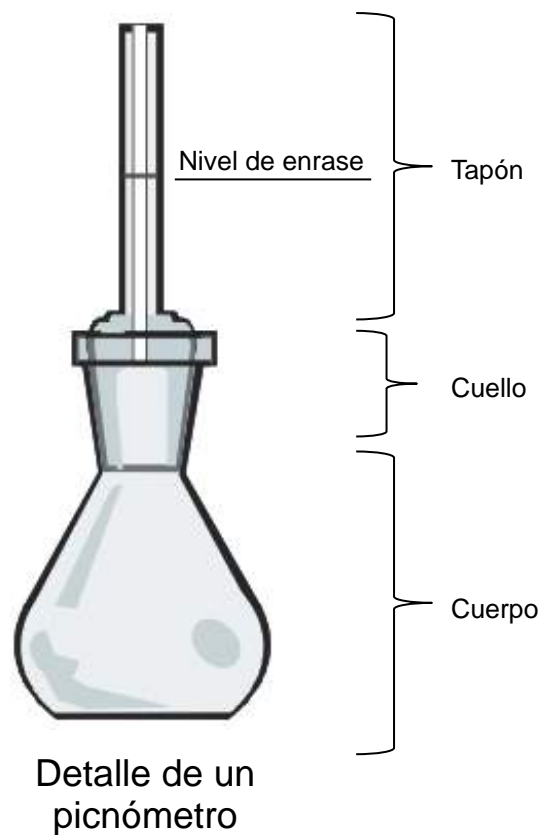
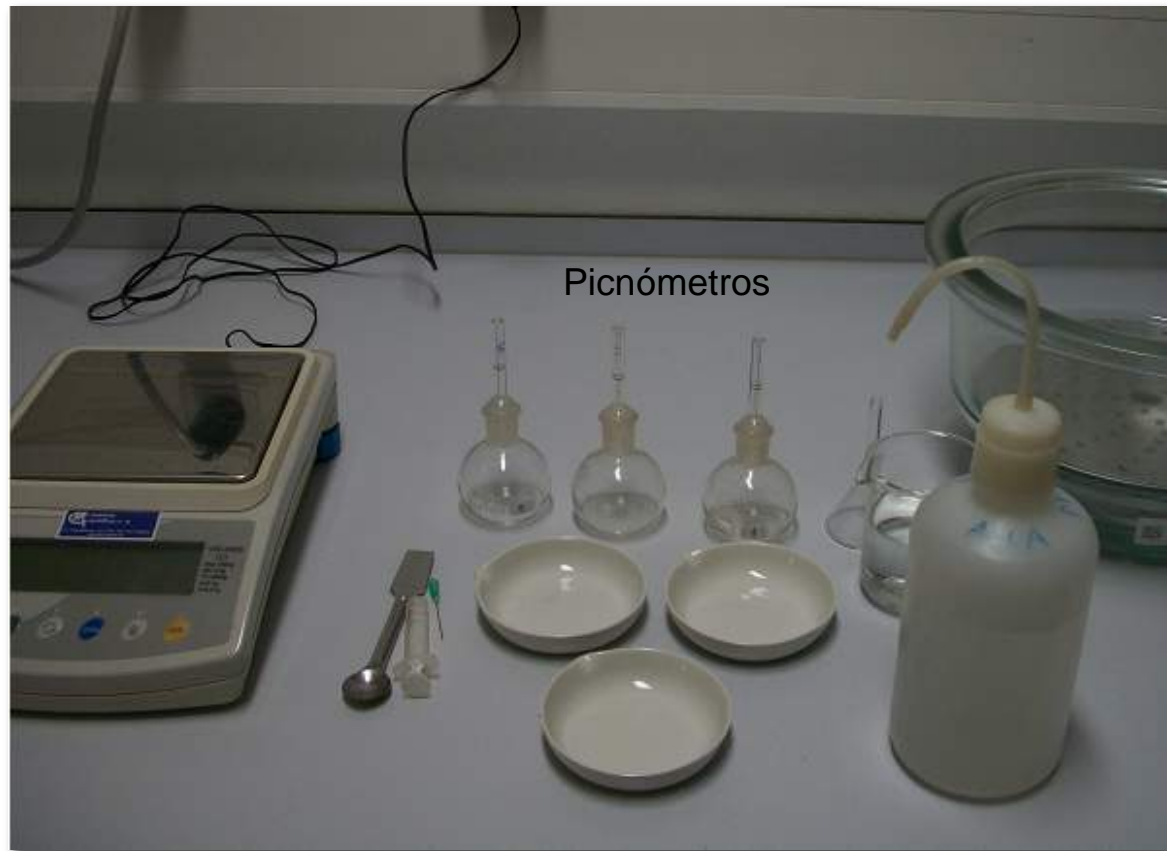
Determinación de la densidad relativa de las partículas de un suelo



Realización: Grupos GInTE / Ingenia / Interes

UNE 103-302-94





Material:

Picnómetros, balanza, bomba de vacío, agua destilada y jeringuilla





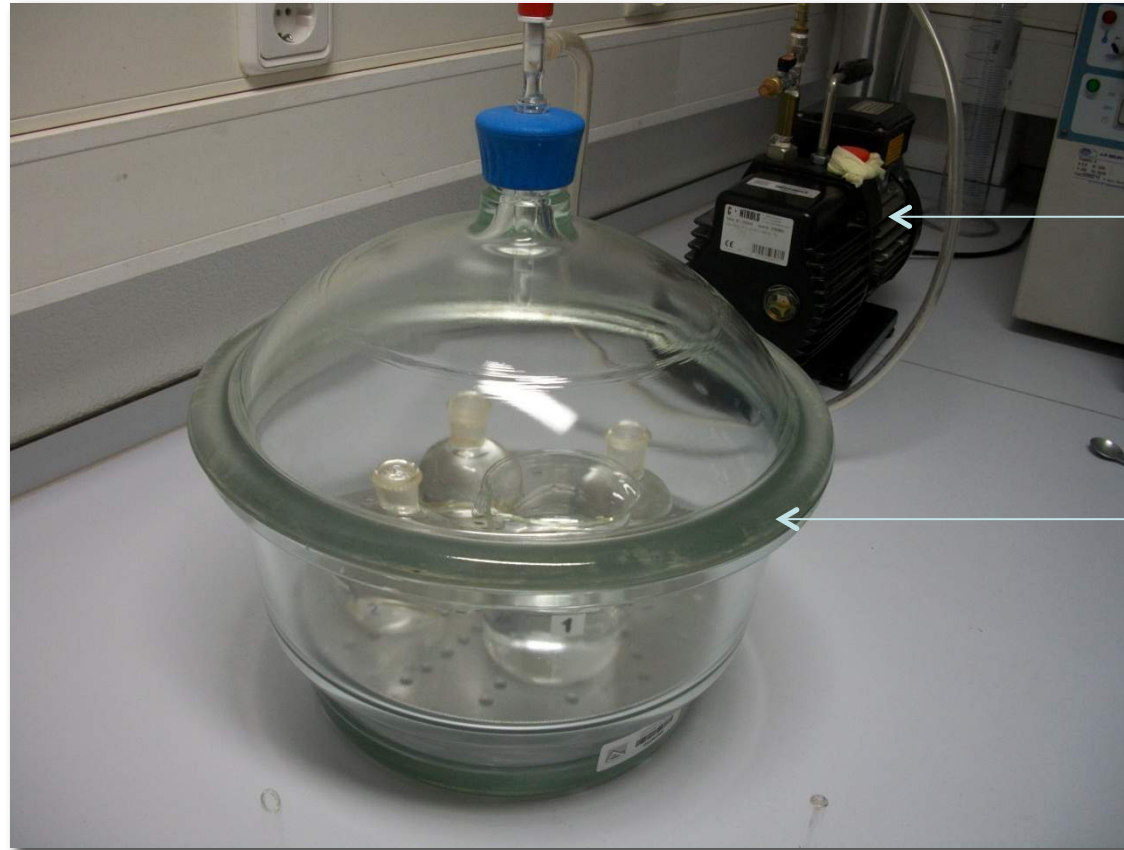
Se preparan 50g de muestra secándolos en estufa a 110°C y después se cuartean 3 porciones de muestra de 15 g aproximadamente





Se referencia un picnómetro y se llena con agua destilada hasta por encima de la línea de enrase



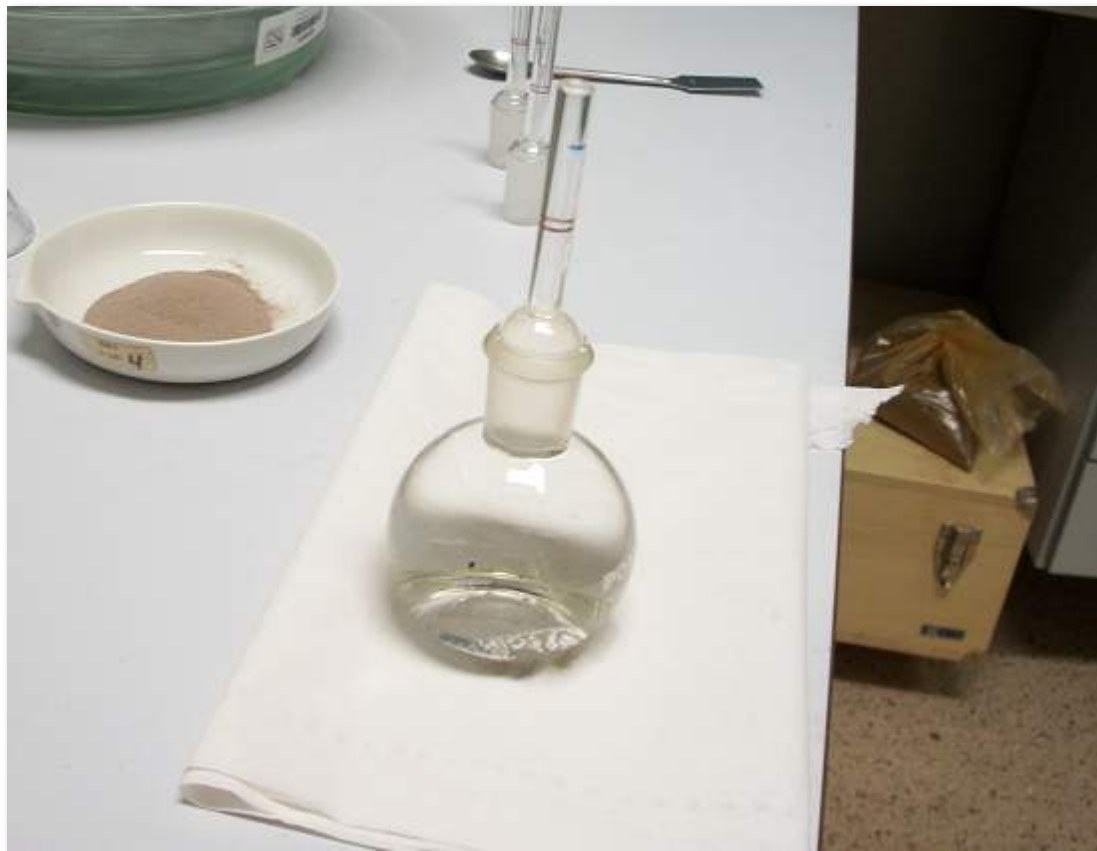


Bomba de vacío

Campana de vacío

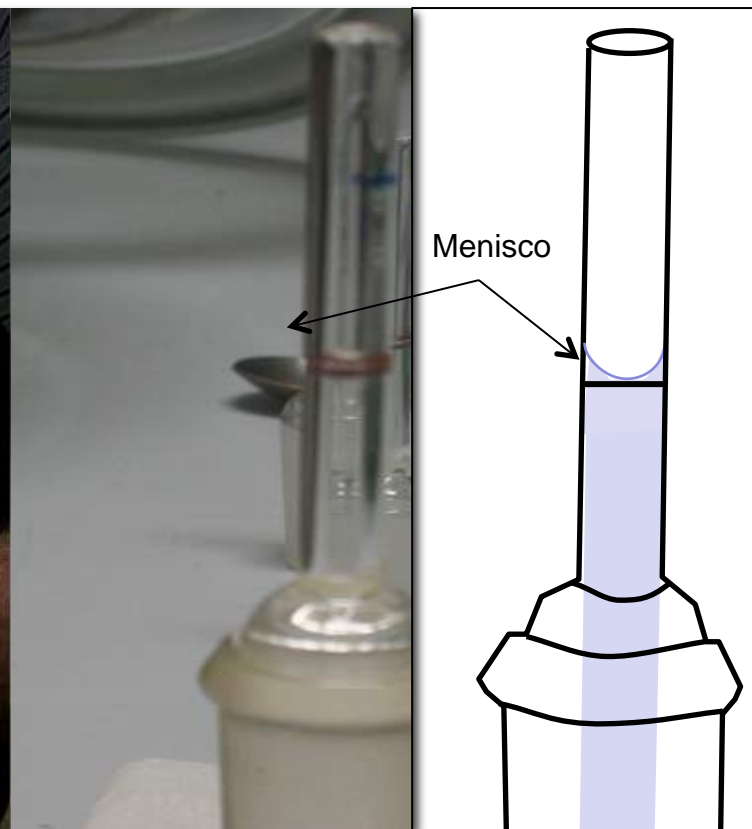
Se introduce en la bomba de vacío para eliminar el aire durante aproximadamente 1 hora





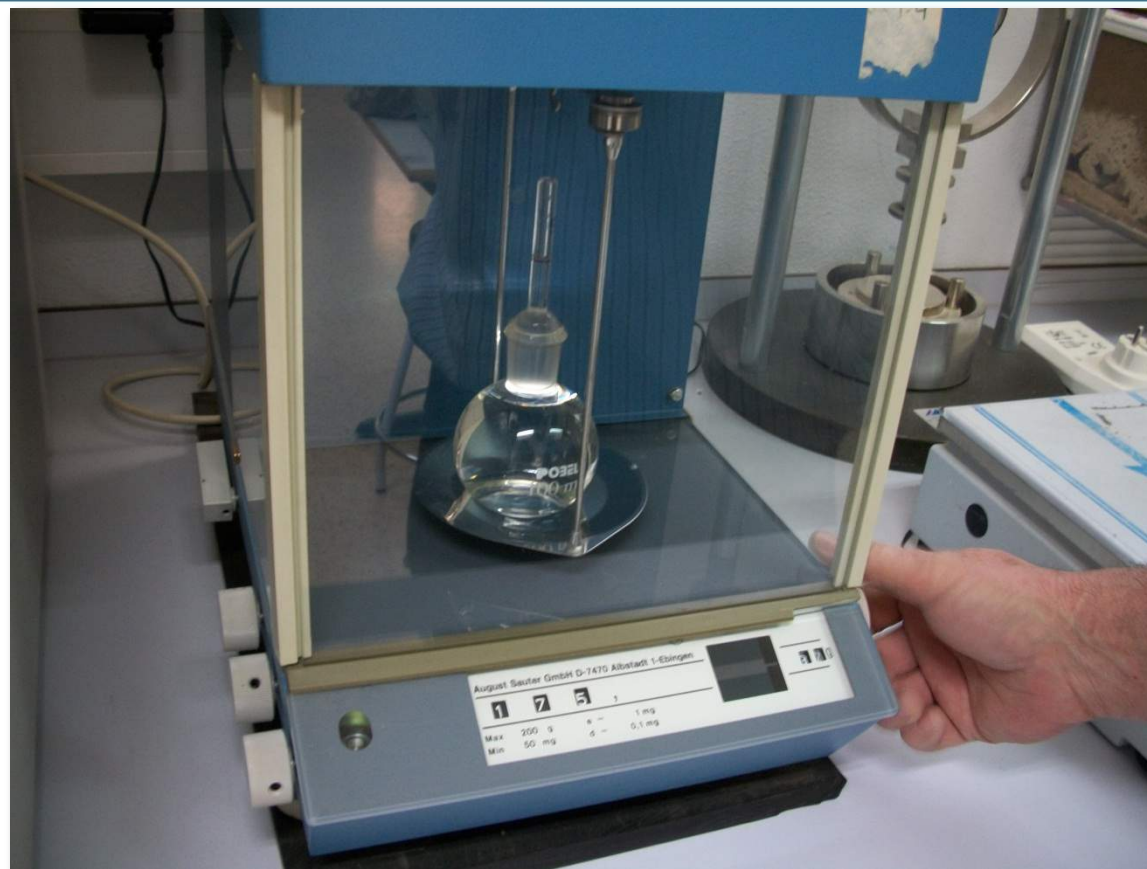
Se cierra el picnómetro





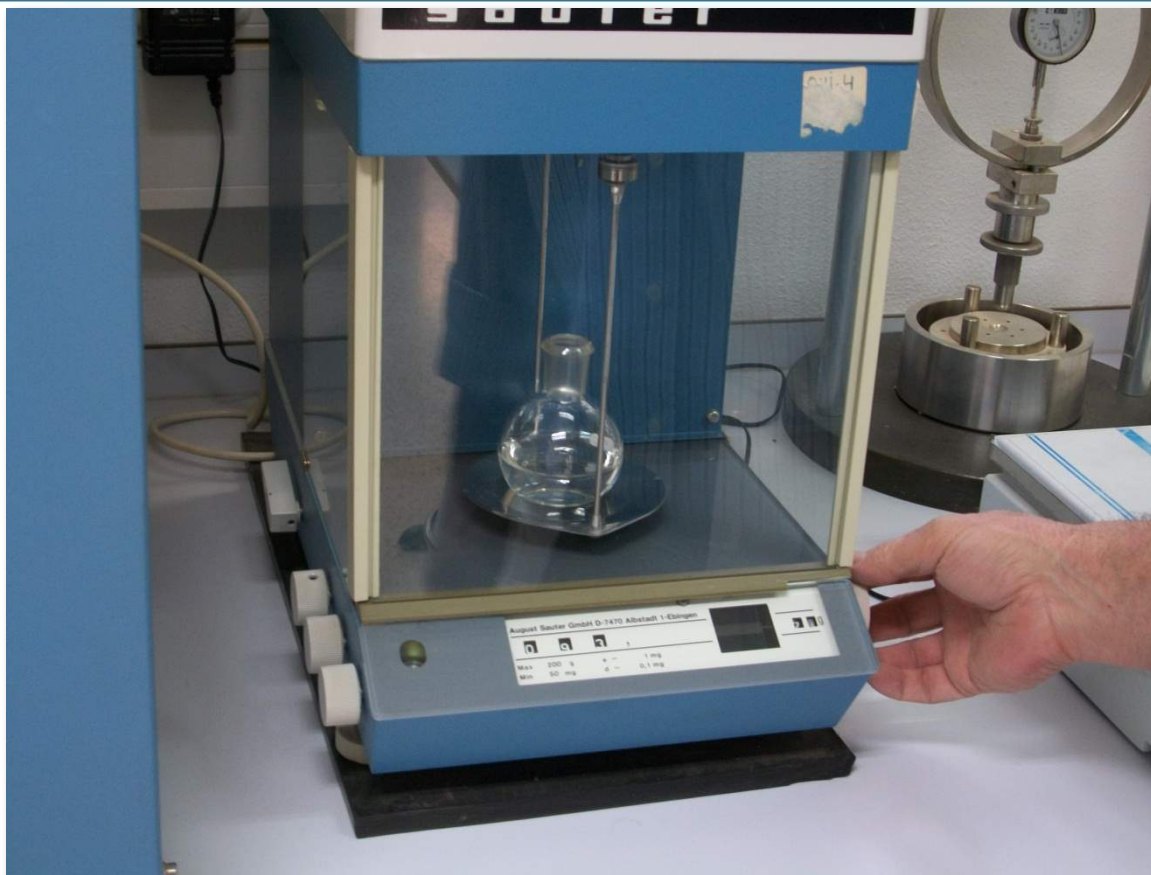
Se enrasa el picnómetro con ayuda de la jeringuilla





Se pesa el picnómetro lleno de agua y enrasado determinando la masa M_1 con una precisión de 0,001g





Se vacía el picnómetro hasta la mitad y se vuelve a pesar con la balanza de precisión y se determina M2





Con la ayuda de un embudo se introducen los 15 g de suelo y se determina de nuevo la masa M3





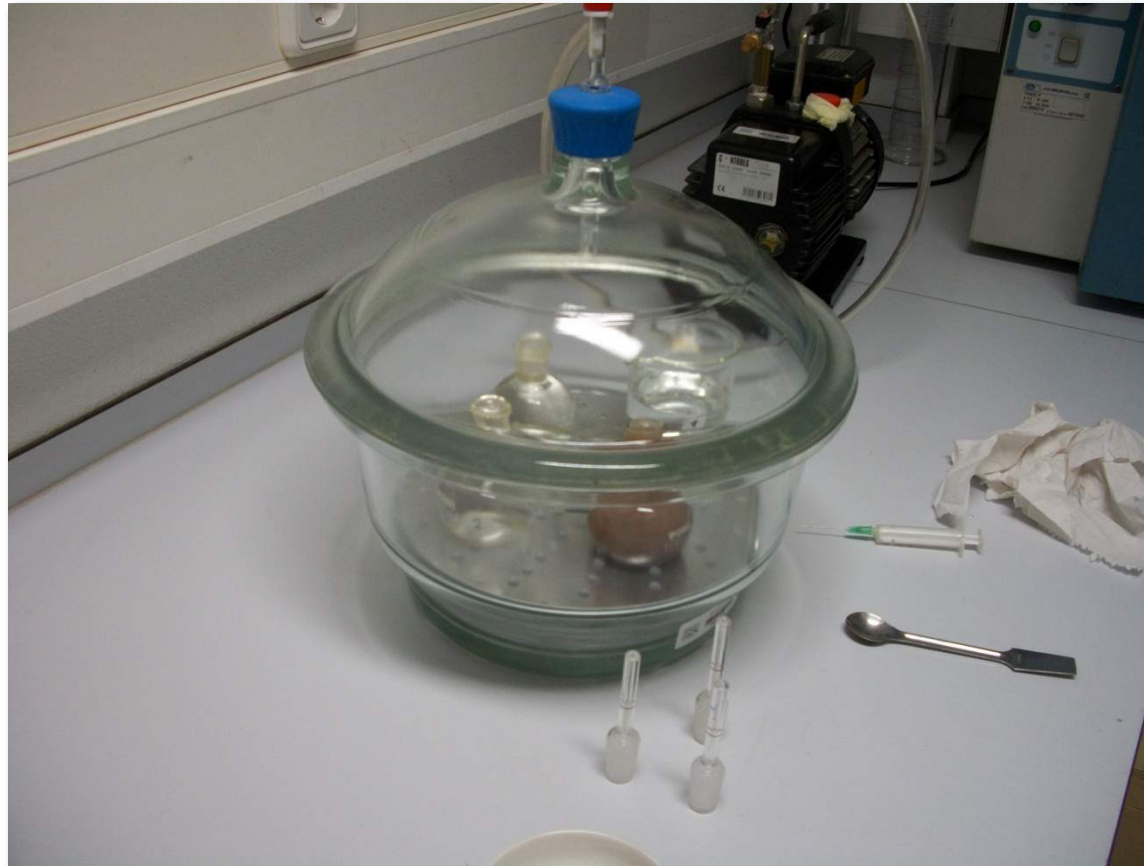
Se introduce el picnómetro lleno hasta la mitad en la campana de vacío con el fin de eliminar las burbujas de aire que puedan haber quedado ocluidas entre las partículas del suelo





Se rellena con agua destilada hasta el enrase





Se vuelve a meter en la bomba de vacío para eliminar posibles burbujas





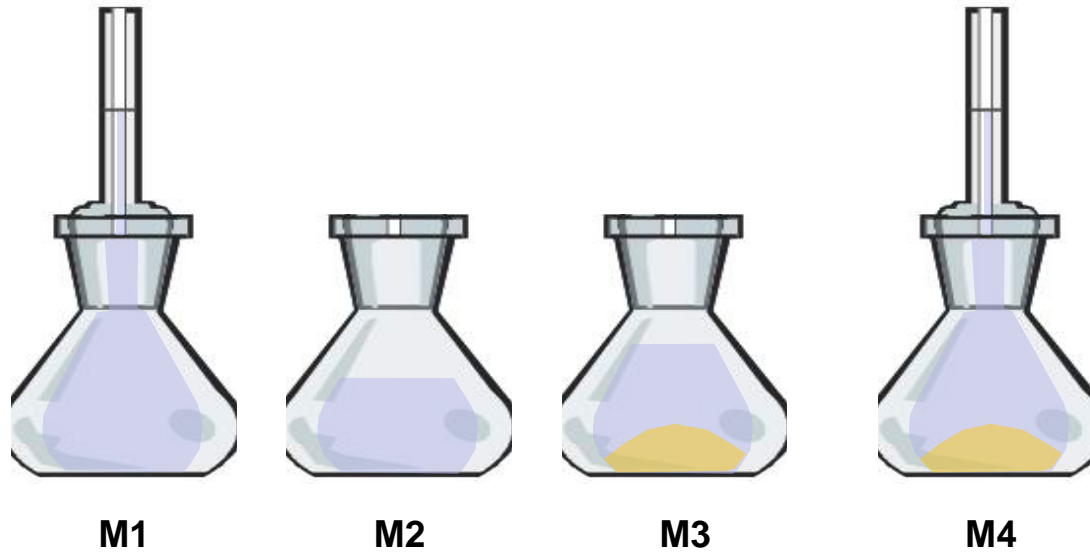
Se tapa el picnómetro y se enrasa con la ayuda de la jeringuilla





Se seca exteriormente y se determina su masa M4





$$G = \frac{M_3 - M_2}{(M_3 - M_2) + (M_1 - M_4)}$$

La densidad relativa del suelo (G) se calculará a partir de las pesadas realizadas en las diferentes fases del ensayo.





Profesores

Roberto Tomás Jover (Coordinador UA)

Miguel Cano González (UA)

Javier García Barba (UA)

Juan Carlos Santamarta Cerezal (Coordinador ULL)

Luis Enrique Hernández Gutiérrez (ULL)

Edición y Montaje

Rubén Carlos Zamora Mozo (UA)

Técnico

Victoriano Rodrigo Ramírez (UA)



**GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)**

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





COMO CITAR ESTE MATERIAL:

Tomás, R., Cano, M., García-Barba, J., Santamarta, J.C., Hernández, L.E., Rodríguez, J.A., Zamora, R. (2013). Prácticas de Ingeniería del Terreno. Universidades de Alicante y de La Laguna. <http://web.ua.es/es/ginter/> ó <http://ocw.ull.es/> (fecha de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.

<http://web.ua.es/es/ginter/>

<http://ocw.ull.es/>

<http://web.ua.es/es/interes/interes-ingenieria-del-terreno-y-sus-estructuras.html>

<http://webpages.ull.es/users/jcsanta/>



GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



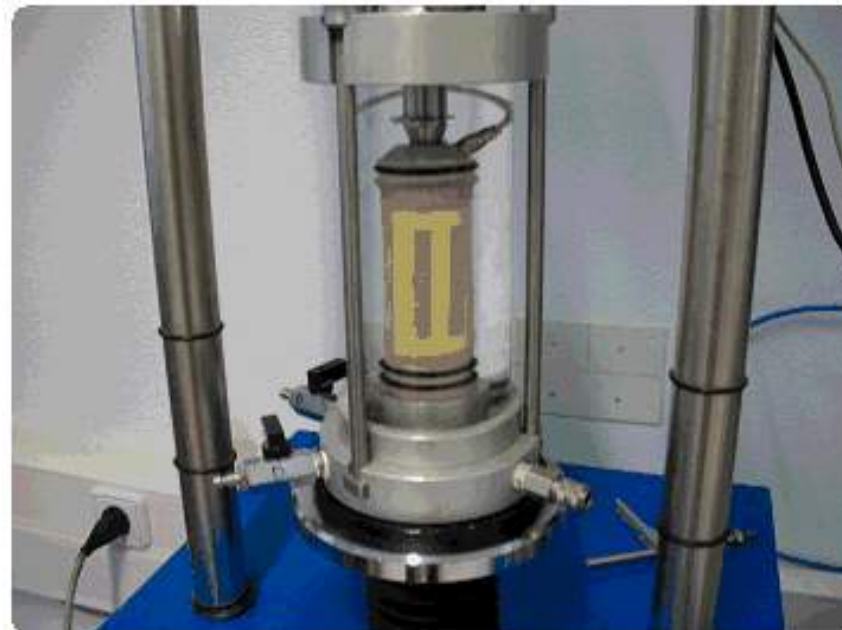
Gobierno de Canarias





Ensayo Triaxial (CD)

Determinación de los parámetros resistentes de una muestra de suelo en el equipo triaxial



Realización: Grupos GInTE / Ingénia / Interes

UNE 103-402-98





Célula triaxial

Línea de drenaje

Piedras
porosas

Membrana



Material:

Célula triaxial, membrana, placas porosas, bandas de papel de filtro





Se procede al tallado de la probeta. Las probetas deben ser de forma cilíndrica con un diámetro no inferior a 35 mm y una altura entre 1,85 y 2,25 veces su diámetro





Muestra tallada con los papeles de filtro colocados





Se coloca la probeta sobre la placa porosa y se cubre con la membrana





Se fijan las bandas elasticas en la parte inferior





Colocamos la otra placa porosa en la parte superior de la probeta y el pistón sobre ésta





Cubrimos la muestra eliminando las burbujas de aire que puedan quedar y la fijamos con las bandas elásticas





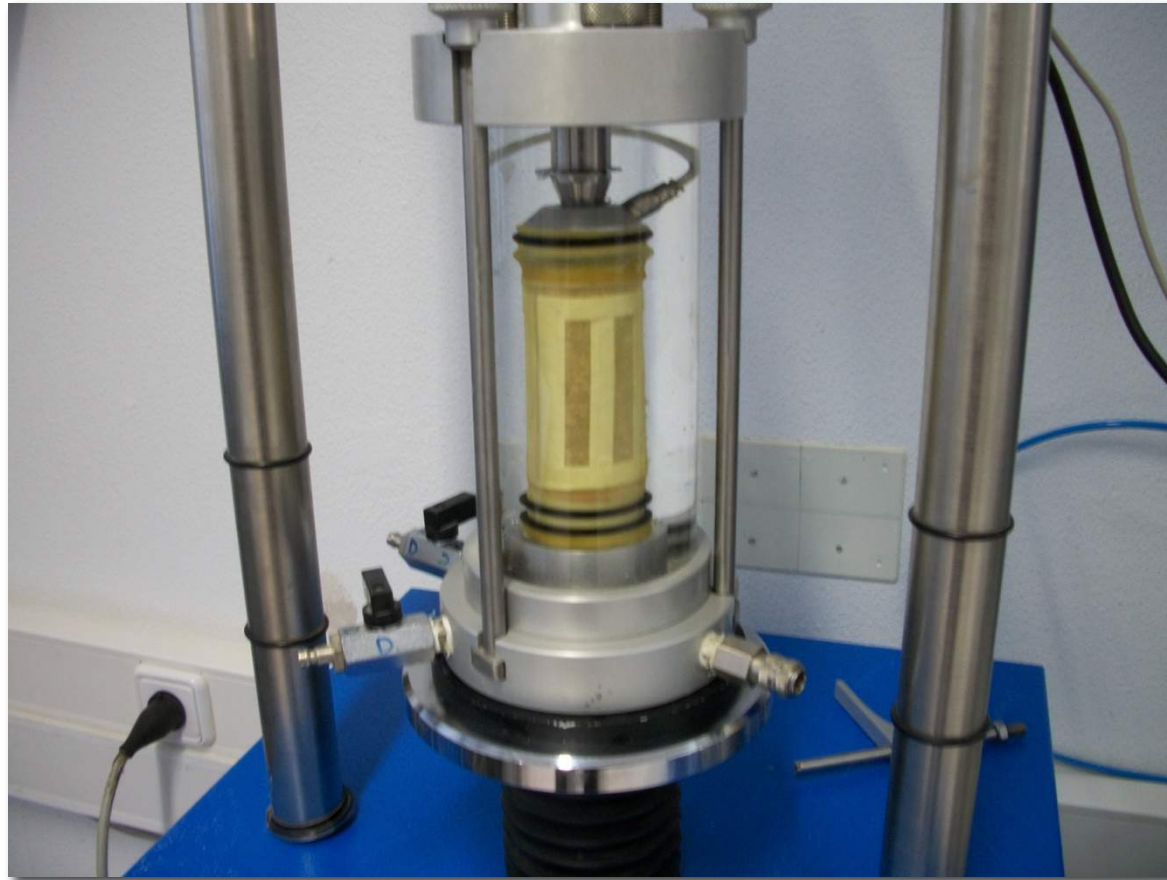
Se coloca el tubo de conexión para drenaje





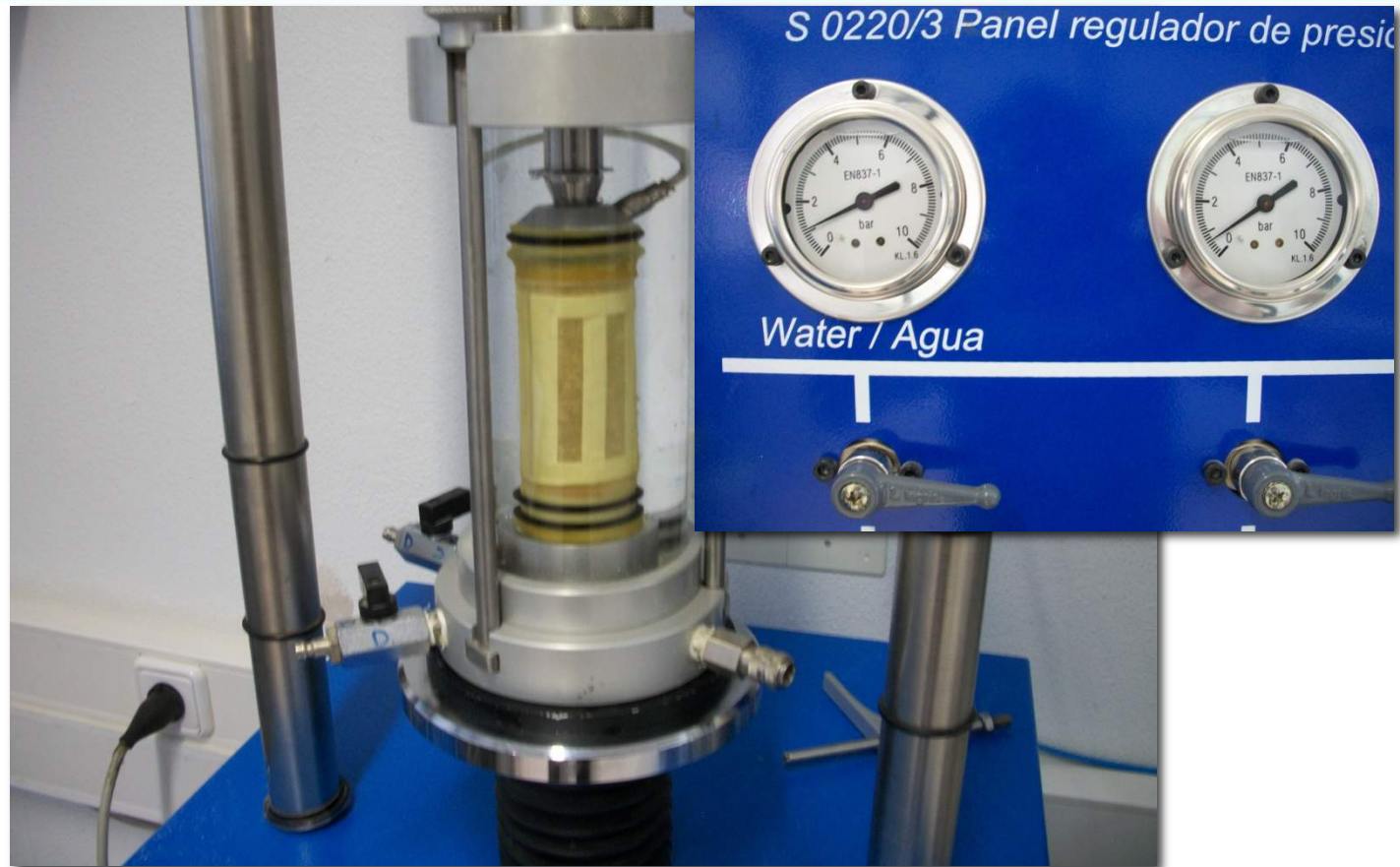
Se monta el resto de la célula triaxial y se fija, asegurando la verticalidad del conjunto





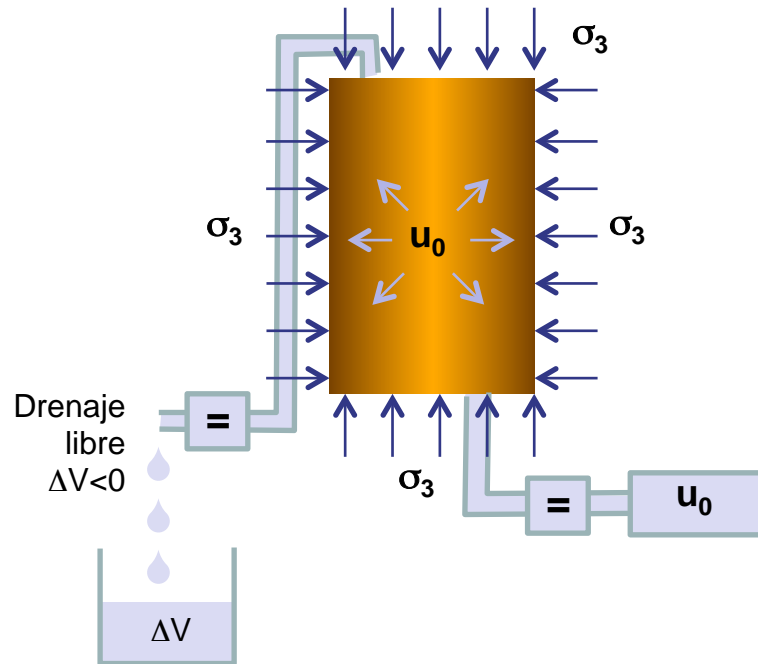
Se llena la célula con agua desaireada dejando salir el aire por el tapón superior.





Se realizan todas las conexiones para aplicar las presiones necesarias para el ensayo.





1º Se aplican: σ_3 y $u_0 \rightarrow$ Distribución inicial de tensiones

2º Drenaje libre \rightarrow Consolidación \rightarrow Disminución de volumen $\Delta V < 0$

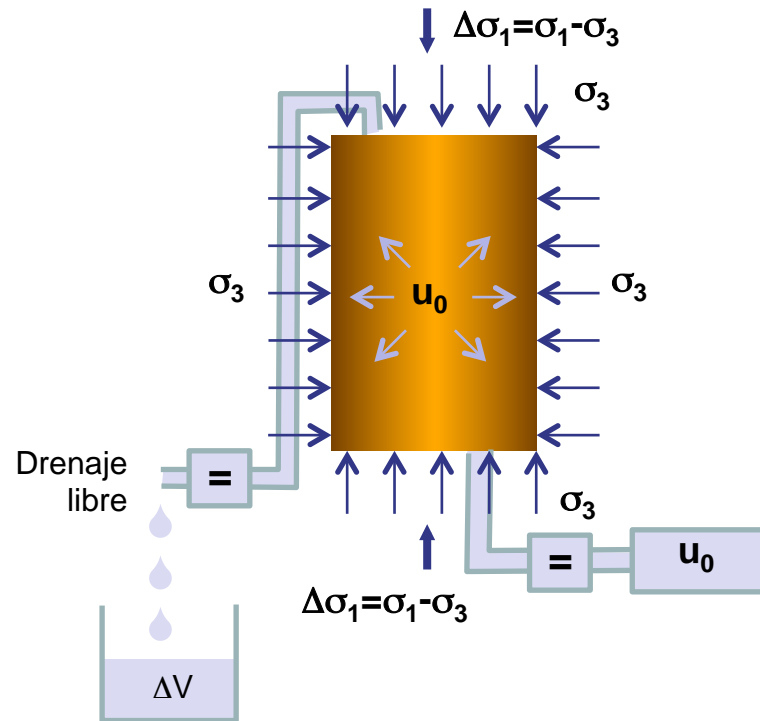
3º Una vez finalizada la consolidación :

$$\sigma'_1 = \sigma'_2 = \sigma'_3 = \sigma_3 - u_0$$

1ª Fase. Consolidación: Aplicación de una presión isotropa (presión de cámara, σ_3) y de una presión intersticial (presión de cola, u_0). La consolidación finaliza cuando $u = u_0$

 Válvula abierta





1º σ_3 y u_0 se mantienen constantes

2º Aumentamos σ_1 lentamente para evitar excesos de presión intersticial, $\Delta u = 0 \rightarrow u = u_0 \rightarrow \Delta \sigma_1 = \Delta \sigma'_1 = \sigma_1 - \sigma_3 = \sigma'_1 - \sigma'_3$

3º En cada instante medimos $\Delta \sigma_1$, ε_v y ΔV

En cada instante sabemos que:

$$\Delta \sigma_3 = 0 \text{ y } \Delta u = 0$$

$$\Delta \sigma'_1 = \Delta \sigma_1 - \Delta u = \Delta \sigma_1$$

$$\Delta \sigma'_3 = \Delta \sigma_3 - \Delta u = 0$$

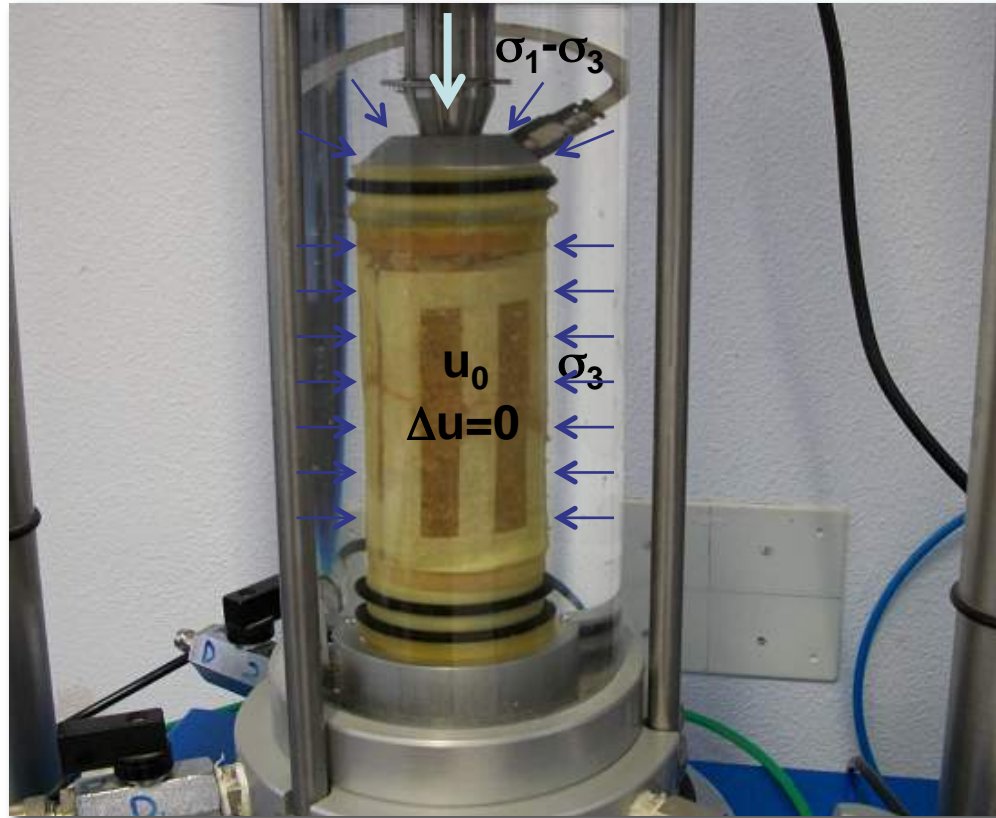
$\Delta V < 0 \rightarrow$ Suelo contractante

$\Delta V > 0 \rightarrow$ Suelo dilatante

 Válvula abierta

2ª Fase. Aplicación de las tensiones de corte: Aplicación del desviador ($\Delta \sigma_1 = \sigma_1 - \sigma_3$). En una segunda fase aplicamos un esfuerzo desviador ($\Delta \sigma_1 = \sigma_1 - \sigma_3$) creciente hasta la rotura de la probeta.

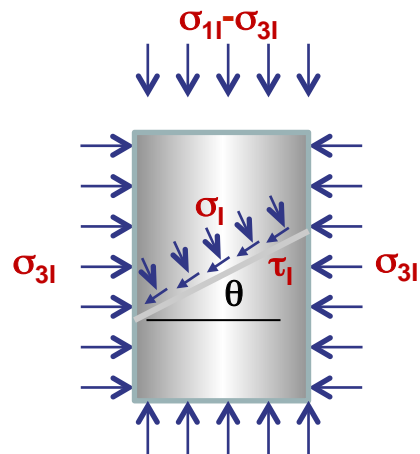




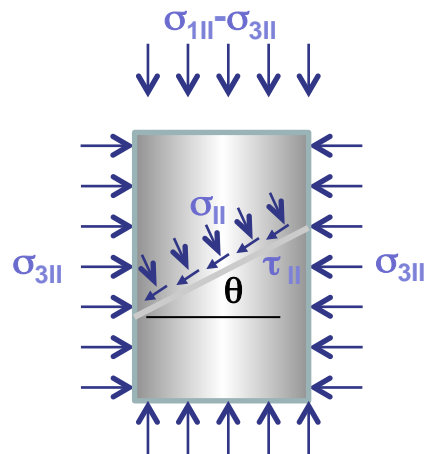
Ensayo consolidado-drenado (CD)

Se mantiene constante la presión exterior de la célula (σ_3) y se permite el drenaje libre a la muestra ($\Delta u = 0$), aplicando la velocidad calculada constante y medimos el valor del desviador ($\sigma_1 - \sigma_3$) proporcionado por la prensa,

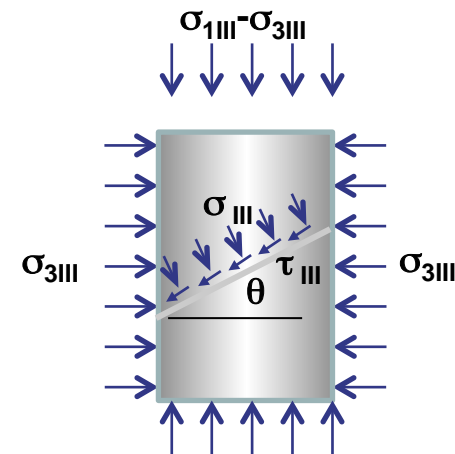




Probeta I



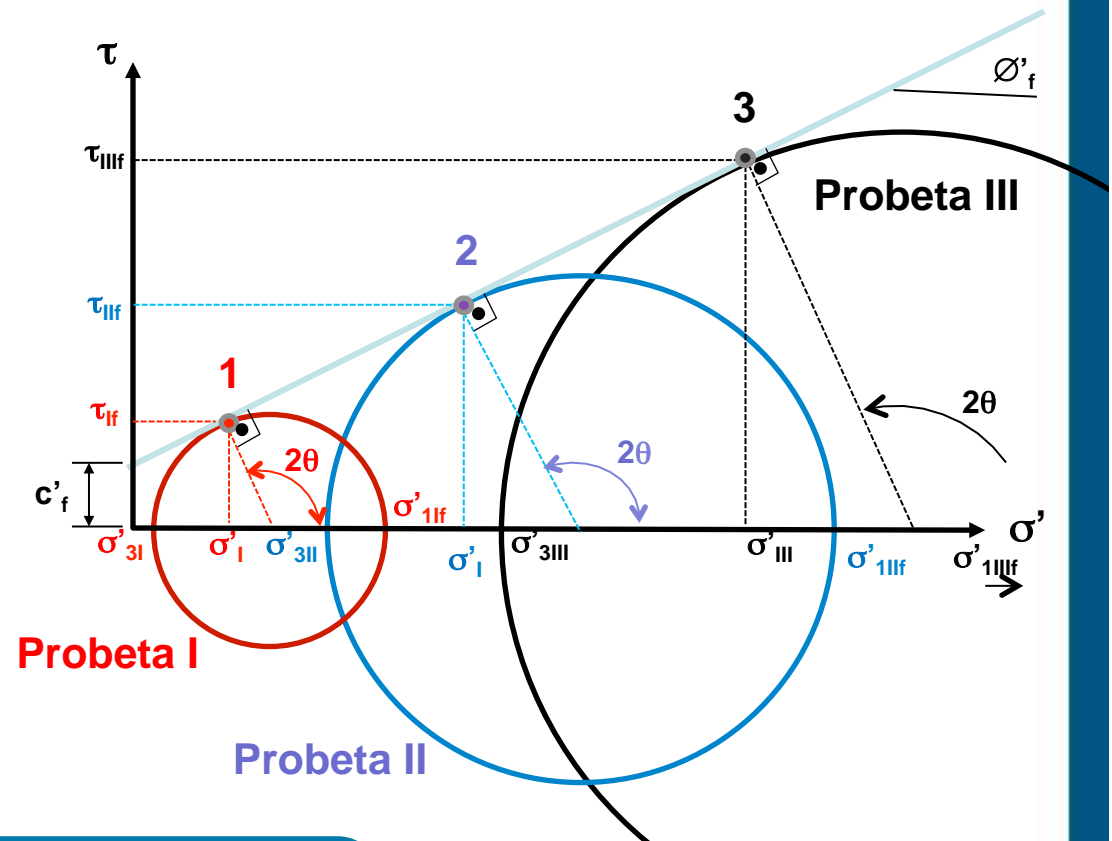
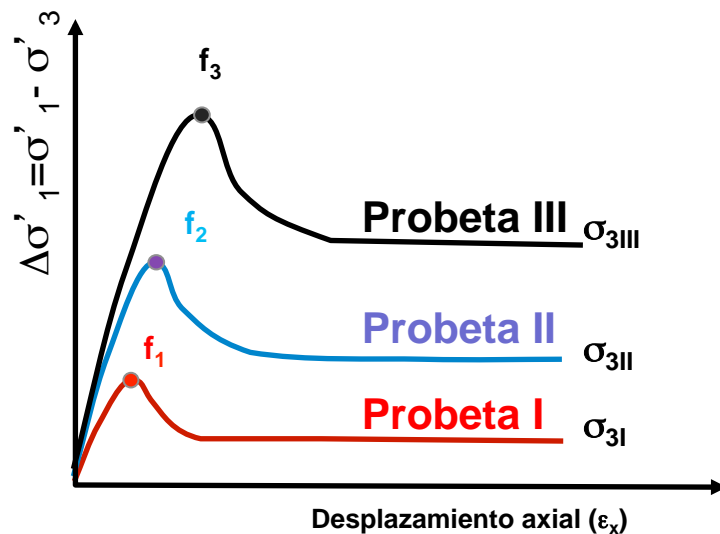
Probeta II



Probeta III

El desviador ($\sigma_1 - \sigma_3$) se incrementa hasta llegar a rotura o alcanzar una determinada deformación. Normalmente se ensaya un total de 3 probetas sometidas a tensiones de confinamiento o de cámara (σ_3) diferentes.

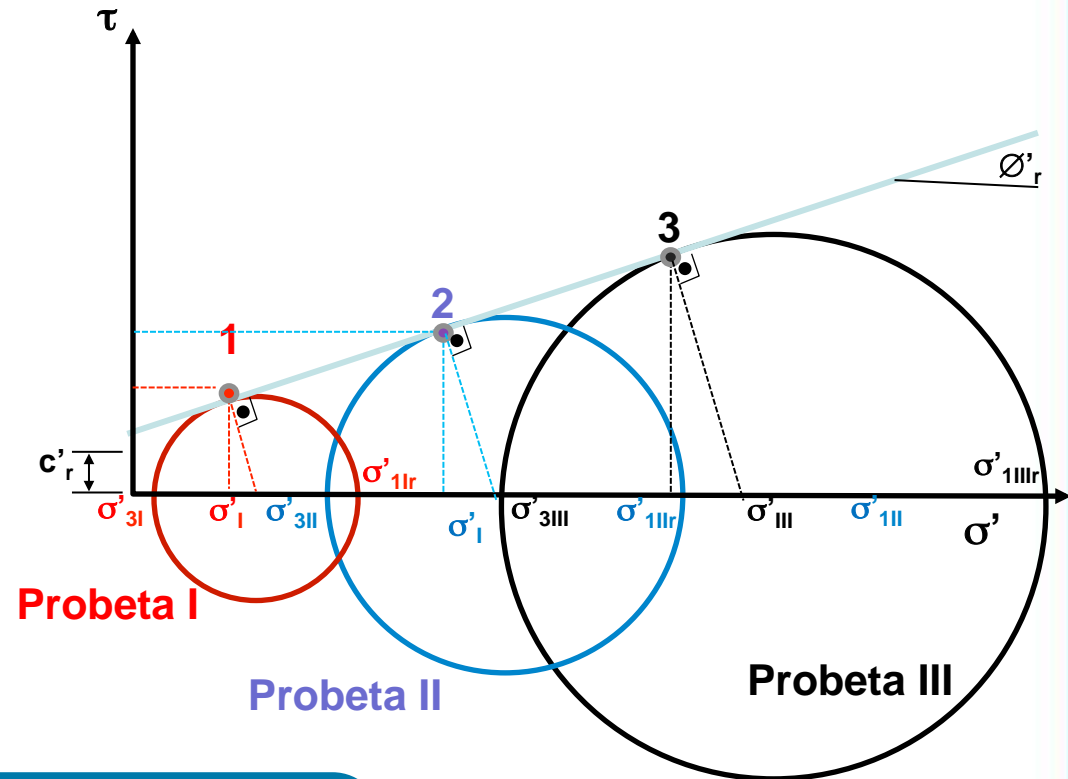
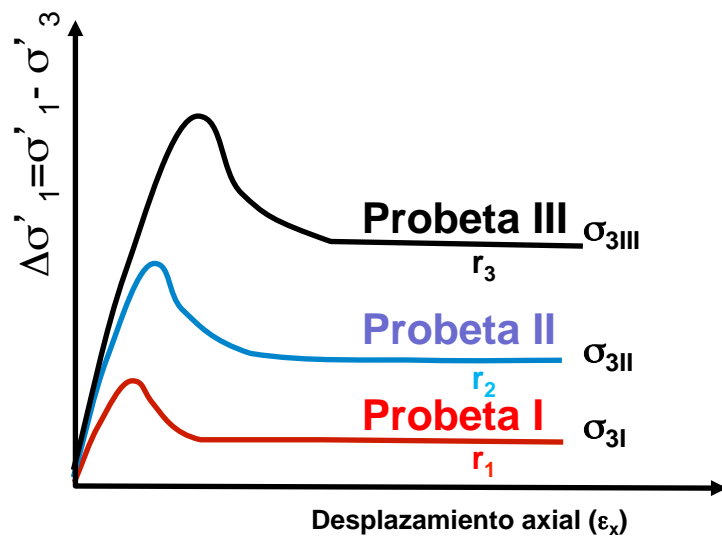




A partir del valor del desviador en rotura $\Delta\sigma'_{1f} = (\sigma'_{1f} - \sigma'_{3f})_f$, de u_0 y de la presión de cámara (σ_3) se determinan las tensiones principales σ'_{1f} y σ'_{3f} y se dibujan los círculos de Mohr cuya envolvente es la línea de resistencia intrínseca del suelo en rotura.

VALORES CORTE EN ROTURA
(ϕ'_f y c'_f)





A partir del valor del desviador en tensiones residuales $\Delta\sigma'_{1r} = (\sigma'_{1r} - \sigma'_{3r})_r$, de u_0 y de la presión de cámara (σ_3) se determinan las tensiones principales σ'_{1r} y σ'_{3r} y se dibujan los círculos de Mohr cuya envolvente es la línea de resistencia intrínseca del suelo en tensiones residuales.

VALORES CORTE EN ROTURA
(ϕ'_f y c'_f)





Profesores

Roberto Tomás Jover (Coordinador UA)

Miguel Cano González (UA)

Javier García Barba (UA)

Juan Carlos Santamarta Cerezal (Coordinador ULL)

Luis Enrique Hernández Gutiérrez (ULL)

Edición y Montaje

Rubén Carlos Zamora Mozo (UA)

Técnico

Victoriano Rodrigo Ramírez (UA)



**GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)**

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





COMO CITAR ESTE MATERIAL:

Tomás, R., Cano, M., García-Barba, J., Santamarta, J.C., Hernández, L.E., Rodríguez, J.A., Zamora, R. (2013). Prácticas de Ingeniería del Terreno. Universidades de Alicante y de La Laguna. <http://web.ua.es/es/ginter/> ó <http://ocw.ull.es/> (fecha de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.

<http://web.ua.es/es/ginter/>

<http://ocw.ull.es/>

<http://web.ua.es/es/interes/interes-ingenieria-del-terreno-y-sus-estructuras.html>

<http://webpages.ull.es/users/jcsanta/>



GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





Ensayo Triaxial (CU)

Determinación de los parámetros resistentes de una muestra de suelo en el equipo triaxial



Realización: Grupos GInTE / Ingenia / Interes

UNE 103-402-98





Célula triaxial

Piedras
porosas



Membrana

Material:

Célula triaxial, membrana, placas porosas, bandas de papel de filtro





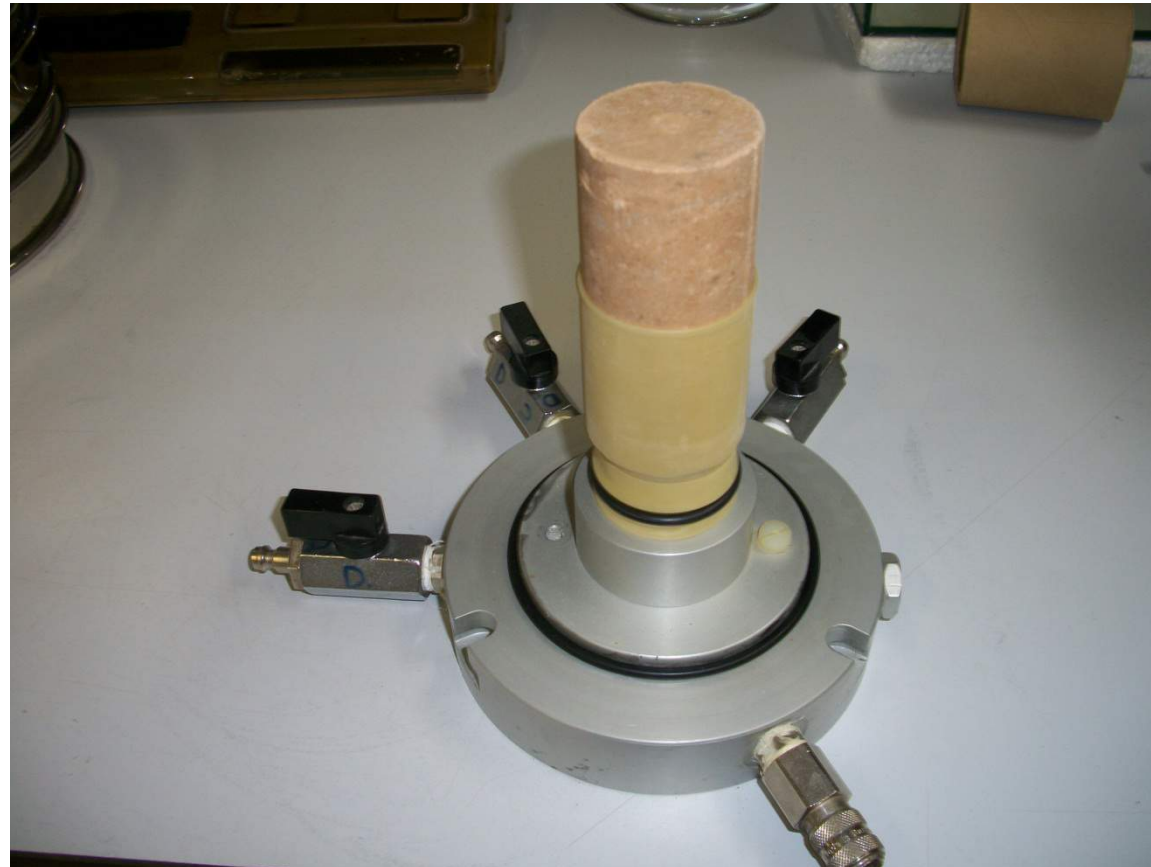
Se procede al tallado de la probeta. Las probetas deben ser de forma cilíndrica con un diámetro no inferior a 35 mm y una altura entre 1,85 y 2,25 veces su diámetro





Muestra tallada.





Se coloca la probeta y se cubre con la membrana y se fijan las bandas elasticas en la parte inferior





Colocamos el pistón sobre la probeta, cubrimos la muestra eliminando las burbujas de aire que puedan quedar y la fijamos con las bandas elásticas





Se monta el resto de la célula triaxial y se fija, asegurando la verticalidad del conjunto



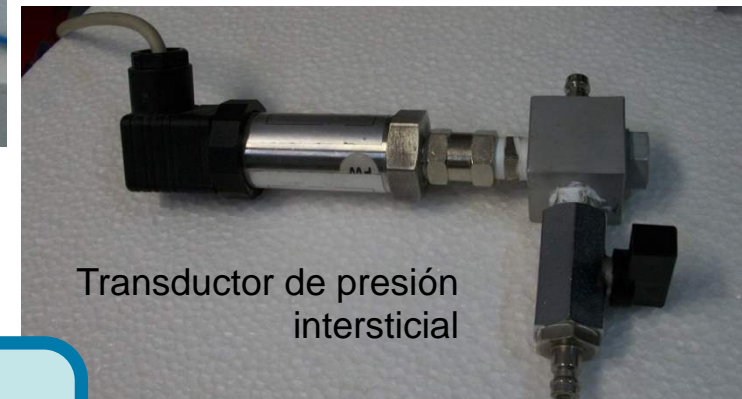


Se llena la célula con agua desaireada dejando salir el aire por el tapón superior, y se monta en el aparato triaxial





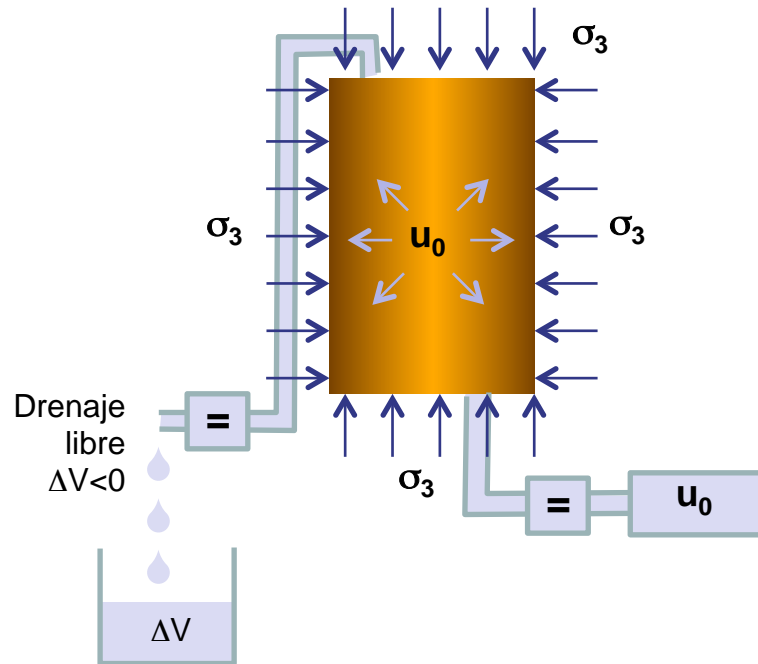
Manómetro del panel de
regulación de la presión
de confinamiento →



Transductor de presión
intersticial

Se realizan todas las conexiones para aplicar las presiones necesarias para el ensayo. Se cierra la válvula del drenaje y se conecta el transductor de presión intersticial para medir la presión de poro.





1º Se aplican: σ_3 y $u_0 \rightarrow$ Distribución inicial de tensiones

2º Drenaje libre \rightarrow Consolidación \rightarrow Disminución de volumen $\Delta V < 0$

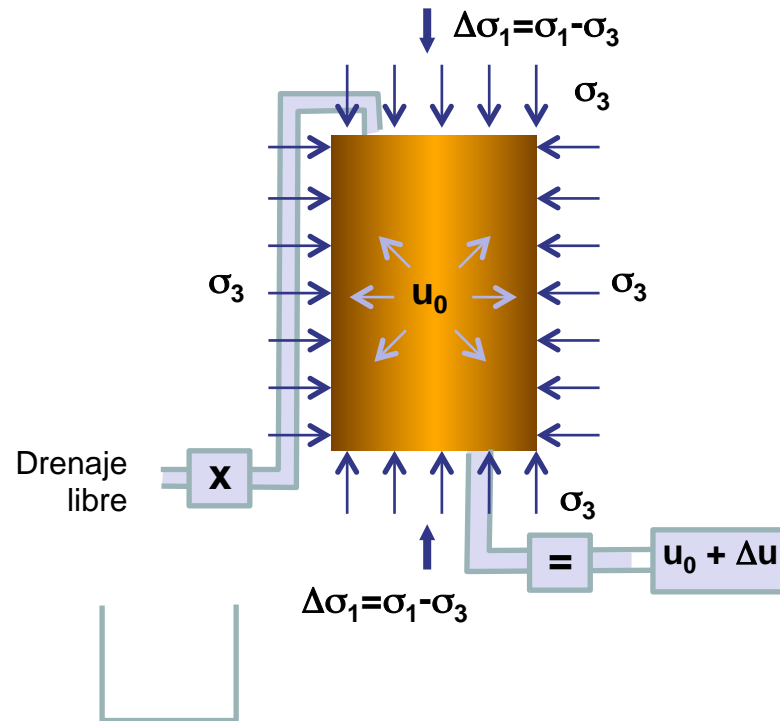
3º Una vez finalizada la consolidación :

$$\sigma'_1 = \sigma'_2 = \sigma'_3 = \sigma_3 - u_0$$

1ª Fase. Consolidación: Aplicación de una presión isotropa (presión de cámara, σ_3) y de una presión intersticial (presión de cola, u_0). La consolidación finaliza cuando $u = u_0$

 Válvula abierta





1º σ_3 se mantiene constante

2º Aumentamos $\sigma_1 \rightarrow \Delta u \neq 0 \rightarrow u = u_0 + \Delta u$

3º En cada instante medimos $\Delta \sigma_1$, ε_v y Δu

En cada instante sabemos que:

$$\Delta \sigma_3 = 0 \text{ y } \Delta u \neq 0$$

$$\Delta \sigma'_1 = \Delta \sigma_1 - \Delta u$$

$$\Delta \sigma'_3 = \Delta \sigma_3 - \Delta u = - \Delta u$$

$\Delta u < 0 \rightarrow$ Suelo contractante

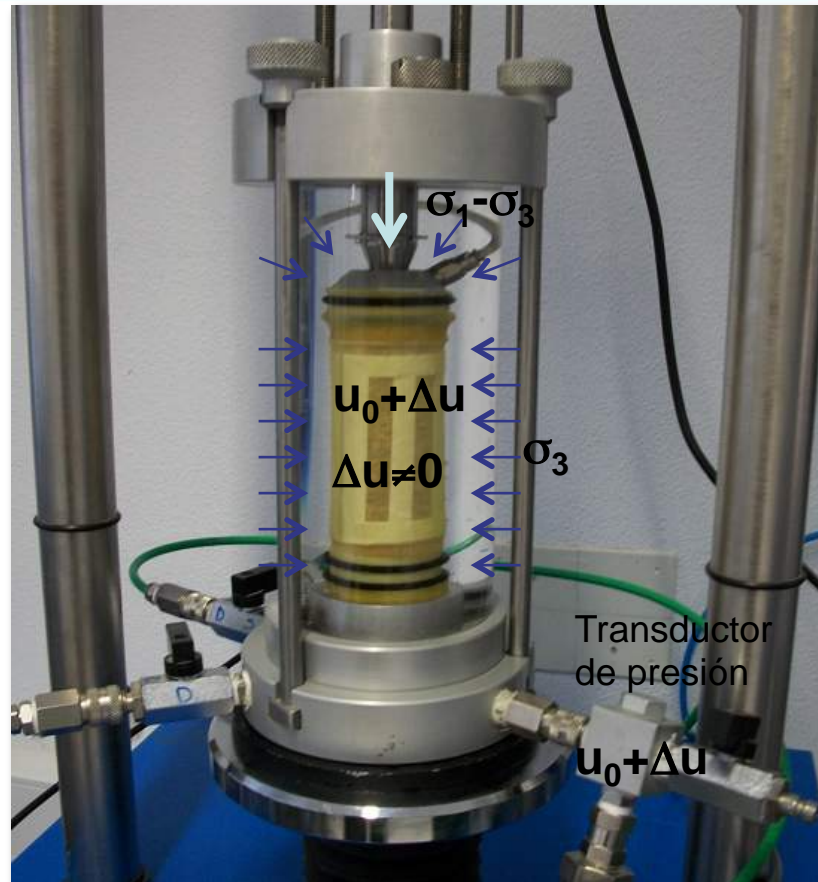
$\Delta u > 0 \rightarrow$ Suelo dilatante

2ª Fase. Aplicación de las tensiones de corte: Aplicación del desviador ($\Delta \sigma_1 = \sigma_1 - \sigma_3$). En una segunda fase aplicamos un esfuerzo desviador ($\Delta \sigma_1 = \sigma_1 - \sigma_3$) creciente hasta la rotura de la probeta.

= Válvula abierta

X Válvula cerrada

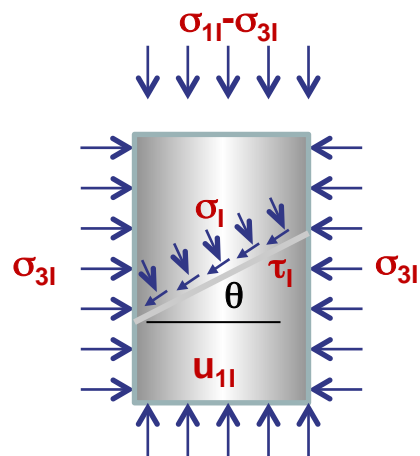




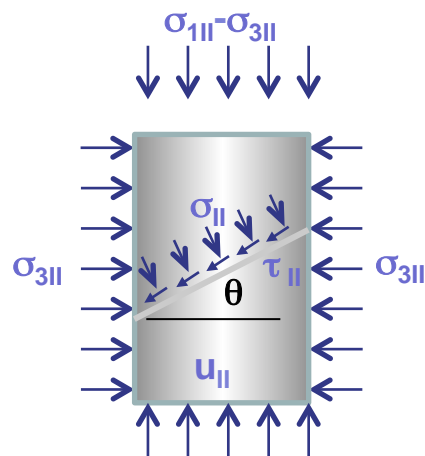
Ensayo consolidado-no drenado (CU)

Se mantiene constante la presión externa de la célula y no se permite el drenaje con lo que no varía el contenido de humedad de la probeta

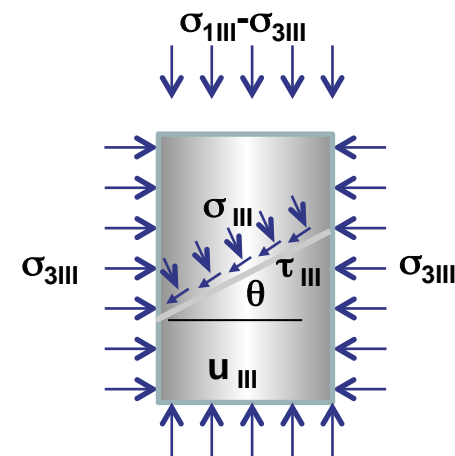




Probeta I



Probeta II



Probeta III

El desviador ($\sigma_1 - \sigma_3$) se incrementa hasta llegar a rotura o alcanzar una determinada deformación. Normalmente se ensaya un total de 3 probetas sometidas a tensiones de confinamiento o de cámara (σ_3) diferentes.

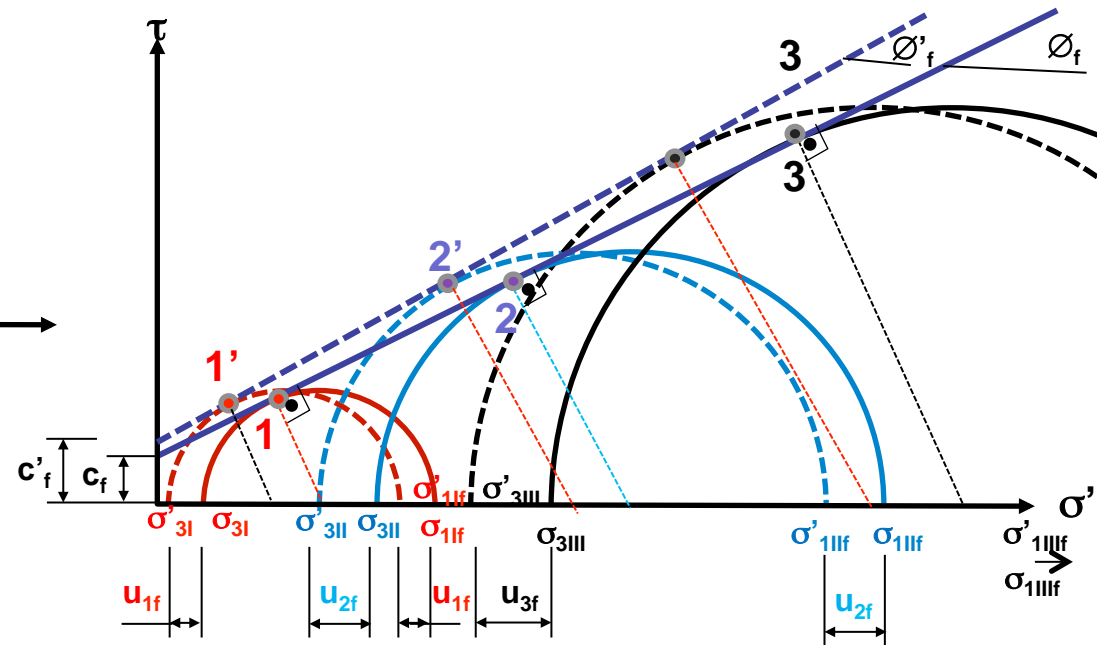
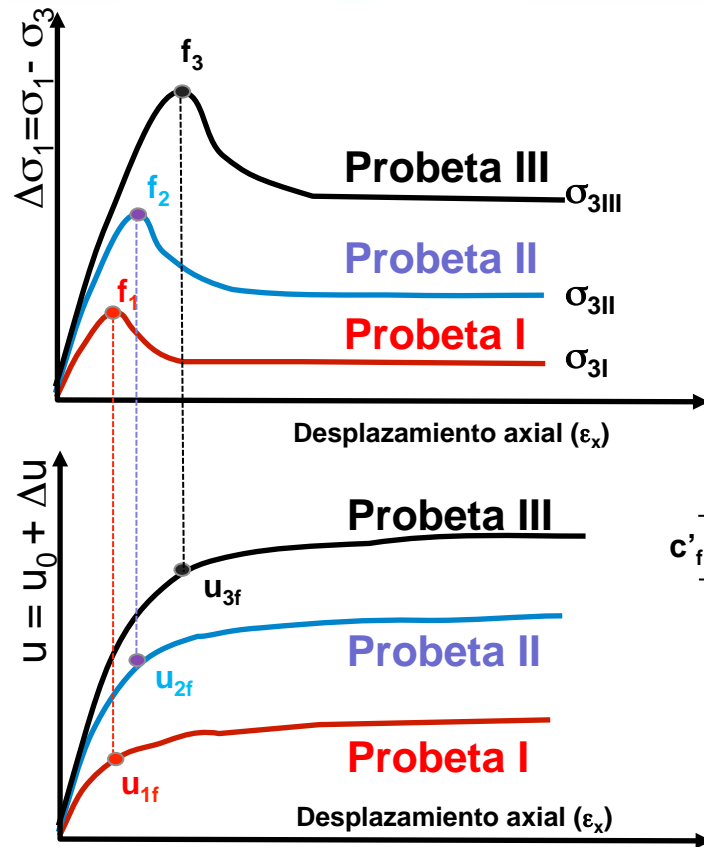




Estado	Tensiones totales	Presión intersticial	Tensiones efectivas
Inicial	$\sigma_1 = \sigma_3$	u_0	$\sigma'_1 = \sigma'_3 = \sigma_3 - u_0$
Rotura	$\sigma_{1f} = \sigma_3 + \Delta\sigma_{1f}$ $\sigma_{3f} = \sigma_3$	$u_0 + \Delta u_f$	$\sigma'_{1f} = (\sigma_3 + \Delta\sigma_{1f}) - (u_0 + \Delta u_f)$ $\sigma'_{3f} = \sigma_3 - (u_0 + \Delta u_f)$
Residual	$\sigma_{1r} = \sigma_3 + \Delta\sigma_{1r}$ $\sigma_{3r} = \sigma_3$	$u_0 + \Delta u_r$	$\sigma'_{1r} = (\sigma_3 + \Delta\sigma_{1r}) - (u_0 + \Delta u_r)$ $\sigma'_{3r} = \sigma_3 - (u_0 + \Delta u_r)$

Las tensiones totales y efectivas en rotura y residuales pueden calcularse para cada probeta a partir de los parámetros medidos durante el ensayo teniendo en cuenta el principio de Terzaghi.





**VALORES CORTE
EN ROTURA**
Efectivos (ϕ'_f y c'_f)
Totales (ϕ'_{uf} y c'_{uf})

A partir del valor del desviador en rotura $\Delta\sigma_{1f} = (\sigma_1 - \sigma_3)_f$, de u y de la presión de cámara (σ_3) se determinan las tensiones principales σ_1 , σ_3 , σ'_{1f} y σ'_{3f} y se dibujan los círculos de Mohr en tensiones efectivas y totales cuya envolvente es la línea de resistencia intrínseca del suelo en rotura.





Profesores

Roberto Tomás Jover (Coordinador UA)

Miguel Cano González (UA)

Javier García Barba (UA)

Juan Carlos Santamarta Cerezal (Coordinador ULL)

Luis Enrique Hernández Gutiérrez (ULL)

Edición y Montaje

Rubén Carlos Zamora Mozo (UA)

Técnico

Victoriano Rodrigo Ramírez (UA)



**GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)**

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





COMO CITAR ESTE MATERIAL:

Tomás, R., Cano, M., García-Barba, J., Santamarta, J.C., Hernández, L.E., Rodríguez, J.A., Zamora, R. (2013). Prácticas de Ingeniería del Terreno. Universidades de Alicante y de La Laguna. <http://web.ua.es/es/ginter/> ó <http://ocw.ull.es/> (fecha de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.

<http://web.ua.es/es/ginter/>

<http://ocw.ull.es/>

<http://web.ua.es/es/interes/interes-ingenieria-del-terreno-y-sus-estructuras.html>

<http://webpages.ull.es/users/jcsanta/>



GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





Ensayo Triaxial (UU)

Determinación de los parámetros resistentes de una muestra de suelo en el equipo triaxial



Realización: Grupos GInTE / Ingenia / Interes

UNE 103-402-98





Célula triaxial

Piedras
porosas



Membrana

Material:

Célula triaxial, membrana, placas porosas, bandas de papel de filtro





Se procede al tallado de la probeta. Las probetas deben ser de forma cilíndrica con un diámetro no inferior a 35 mm y una altura entre 1,85 y 2,25 veces su diámetro





Muestra tallada.





Se coloca la probeta y se cubre con la membrana y se fijan las bandas elásticas en la parte inferior





Colocamos el pistón sobre la probeta, cubrimos la muestra eliminando las burbujas de aire que puedan quedar y la fijamos con las bandas elásticas





Se monta el resto de la célula triaxial y se fija, asegurando la verticalidad del conjunto





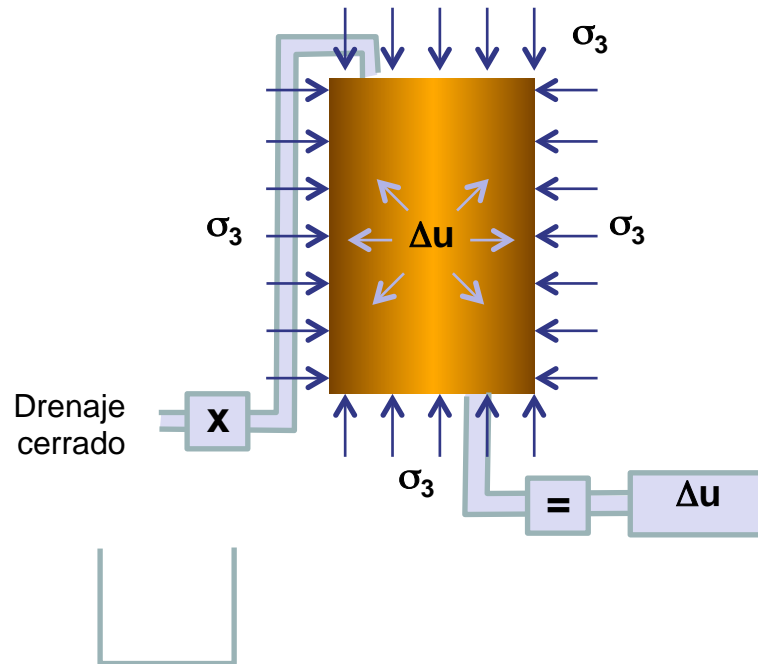
Se llena la célula con agua desaireada dejando salir el aire por el tapón superior, y se monta en el aparato triaxial





Se realizan todas las conexiones para aplicar las presiones necesarias para el ensayo cerrando la válvula del drenaje que permanecerá cerrada durante todo el ensayo. No se realizará la saturación ni la consolidación de la probeta.





1º Se aplican: σ_3

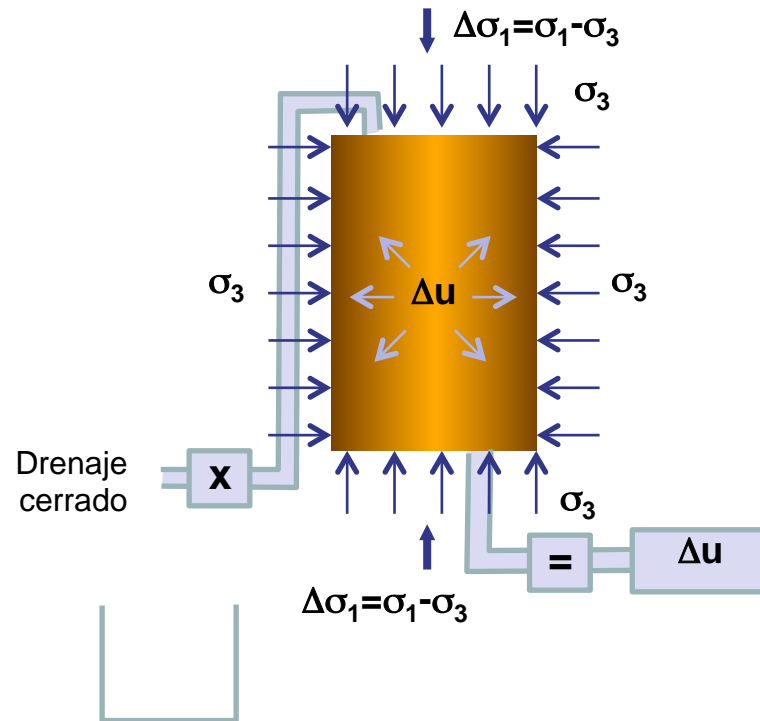
2º Drenaje cerrado $\rightarrow \Delta u = \sigma_3$ (saturado)

1ª Fase. Aplicación tensión isotrópica: Aplicación de una presión isotrópica (presión de cámara, σ_3). Si la probeta está saturada toda la presión isotrópica se transmite al líquido intersticial ($\Delta u = \sigma_3$),

= Válvula abierta

X Válvula cerrada





1º σ_3 se mantiene constante

2º Aumentamos σ_1 .

3º En cada instante medimos $\Delta\sigma_1$ y ε_v

En cada instante sabemos que:

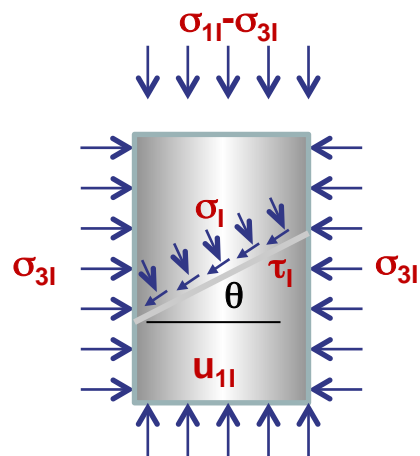
$$\Delta\sigma_3 = 0 \text{ y } \Delta u \neq 0$$

2ª Fase. Aplicación de las tensiones de corte: Aplicación del desviador ($\Delta\sigma_1 = \sigma_1 - \sigma_3$). En una segunda fase aplicamos un esfuerzo desviador ($\Delta\sigma_1 = \sigma_1 - \sigma_3$) creciente hasta la rotura de la probeta.

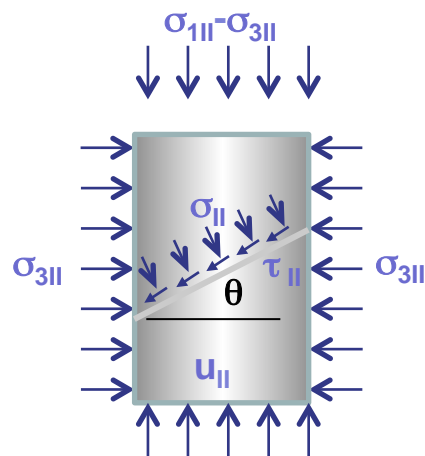
= Válvula abierta

X Válvula cerrada

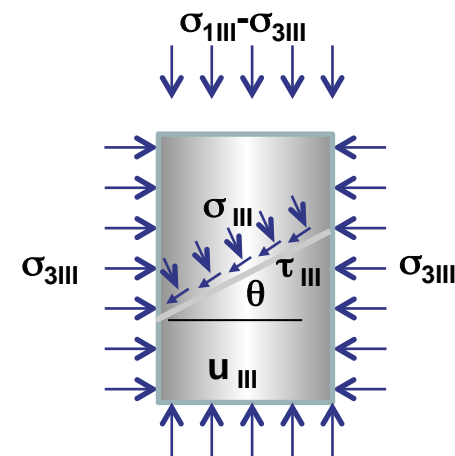




Probeta I



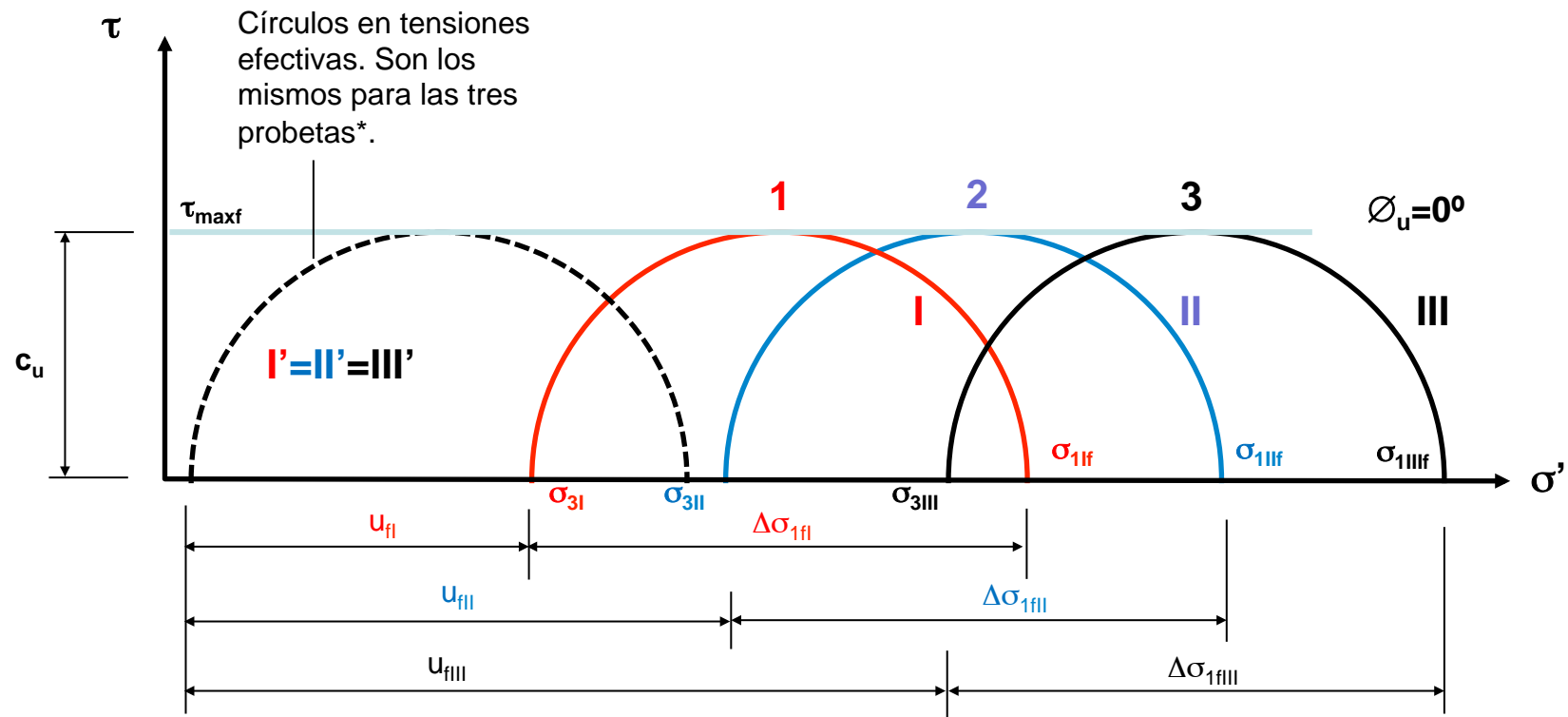
Probeta II



Probeta III

El desviador ($\sigma_1 - \sigma_3$) se incrementa hasta llegar a rotura o alcanzar una determinada deformación. Normalmente se ensaya un total de 3 probetas sometidas a tensiones de confinamiento o de cámara (σ_3) diferentes.





A partir del valor del desviador en rotura $\Delta\sigma_{1f} = (\sigma_1 - \sigma_3)_f$ y de la presión de cámara (σ_3) se determinan las tensiones principales σ_{1f} y σ_{3f} y se dibujan los círculos de Mohr cuya envolvente es la línea de resistencia intrínseca del suelo en rotura.

Obsérvese que el desviador en rotura ($\Delta\sigma_{1f}$) no varía para ninguna de las tres probetas.

(*) El círculo de Mohr en tensiones efectivas no se conoce, pues en este ensayo no se mide la presión intersticial,





Profesores

Roberto Tomás Jover (Coordinador UA)

Miguel Cano González (UA)

Javier García Barba (UA)

Juan Carlos Santamarta Cerezal (Coordinador ULL)

Luis Enrique Hernández Gutiérrez (ULL)

Edición y Montaje

Rubén Carlos Zamora Mozo (UA)

Técnico

Victoriano Rodrigo Ramírez (UA)



**GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)**

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





COMO CITAR ESTE MATERIAL:

Tomás, R., Cano, M., García-Barba, J., Santamarta, J.C., Hernández, L.E., Rodríguez, J.A., Zamora, R. (2013). Prácticas de Ingeniería del Terreno. Universidades de Alicante y de La Laguna. <http://web.ua.es/es/ginter/> ó <http://ocw.ull.es/> (fecha de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.

<http://web.ua.es/es/ginter/>

<http://ocw.ull.es/>

<http://web.ua.es/es/interes/interes-ingenieria-del-terreno-y-sus-estructuras.html>

<http://webpages.ull.es/users/jcsanta/>



GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias



2

Ensayos geotécnicos de rocas



Absorción por capilaridad

Determinación del coeficiente de absorción de agua por capilaridad de la piedra natural



Realización: Grupos GInTE / Ingenia / Interes

UNE-EN 1925:1999





Material:

Baño de agua termostático





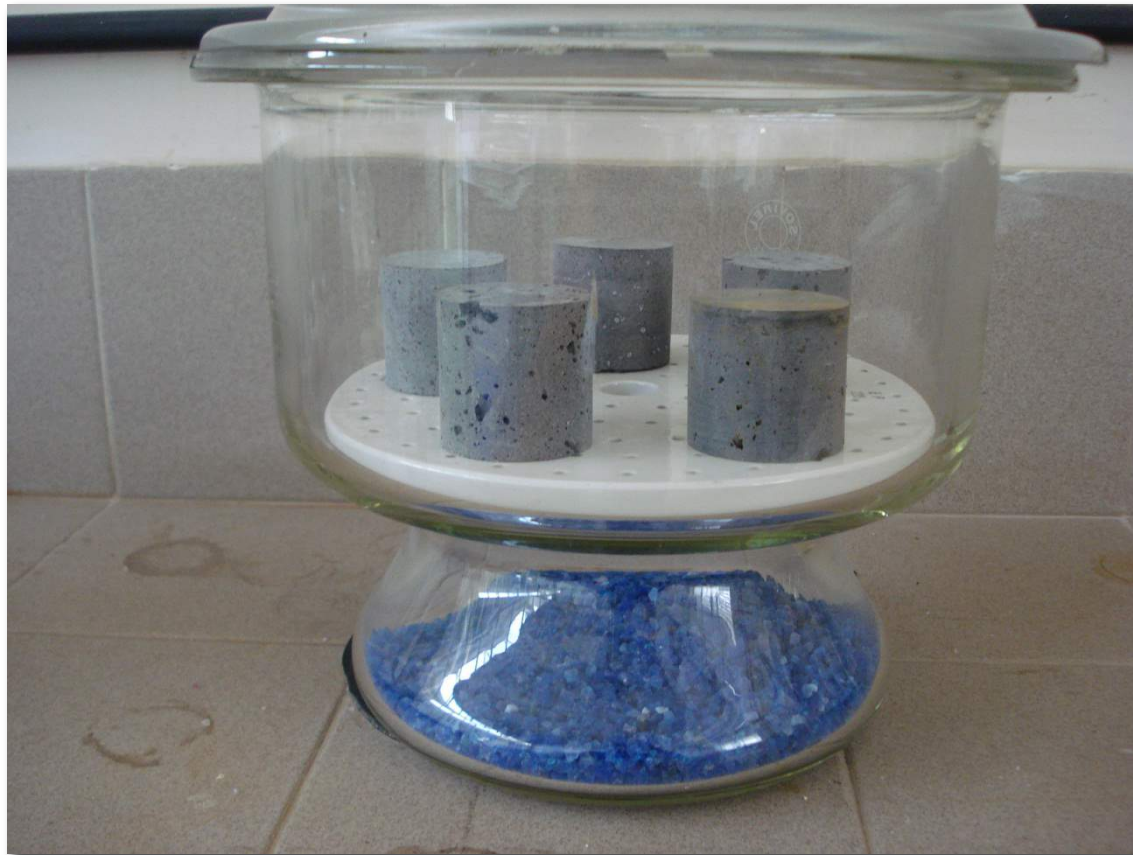
Las probetas deben ser cubos o cilindros de 70 o 50 mm de lado o diámetro.





Las probetas se secarán en estufa hasta masa constante





Se colocan en un desecador hasta alcanzar temperatura ambiente





Se pesan las probetas después de secarlas (m_d) y se calcula el área de la base a sumergir.





Se colocan las muestras en el tanque sobre pequeños apoyos





Después de sumergir las muestras 3 mm. Se pone en marcha el contador de tiempos





Se sacan las probetas cada cierto intervalo de tiempo y se secan ligeramente con un trapo húmedo





Se anota su peso (m_i) y el tiempo transcurrido (t_i) desde el comienzo del ensayo





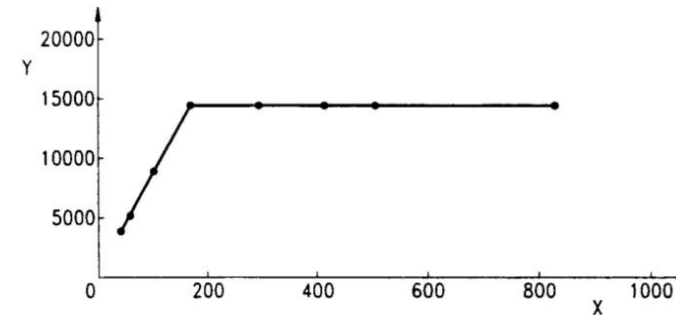
Se vuelven a colocar las muestras dentro del tanque y se continua con el ensayo hasta que la diferencia de dos pesadas consecutivas no sean superior al 1%





$$C_1 \text{ o } C_2 = \frac{m_i - m_d}{A \cdot \sqrt{t_i}}$$

Los valores de C_1 o C_2 obtenidos se expresaran con tres cifras significativas



Y es la absorción de agua en g/m²

X es la raíz cuadrada del tiempo, en s^{0,5}

EL resultado se mostrara en un grafico con la masa de agua absorbida divididos por el área de la base sumergida en función de la raíz cuadrada del tiempo.

C_1 es el coeficiente de absorción de agua por capilaridad perpendicular a los planos de anisotropía de la piedra en g/m².s^{0,5}.

C_2 es el coeficiente de absorción de agua por capilaridad paralela a los planos de anisotropía de la piedra en g/m².s^{0,5}.



Profesores

Luis Enrique Hernández Gutiérrez (Gobierno de Canarias)

Juan Carlos Santamarta Cerezal (Coordinador ULL)

Roberto Tomás Jover (Coordinador UA)

Miguel Cano González (UA)

Javier García Barba (UA)

Edición y Montaje

Alberto Piñero García (Gobierno de Canarias)

Técnico

Alberto Piñero García (Gobierno de Canarias)



Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna





COMO CITAR ESTE MATERIAL:

Hernández-Gutiérrez, L.E., Santamarta, J.C., Tomás, R., Cano, M., García-Barba, J., Piñero-García, A. (2013). Prácticas de Ingeniería del Terreno. Universidades de Alicante y de La Laguna. <http://web.ua.es/es/ginter/> ó <http://ocw.ull.es/> (fecha de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.

<http://web.ua.es/es/ginter/>

<http://ocw.ull.es/>

<http://web.ua.es/es/interes/interes-ingenieria-del-terreno-y-sus-estructuras.html>

<http://webpages.ull.es/users/jcsanta/>



GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





Absorción por presión atmosférica

Determinación de la absorción de agua por presión atmosférica de la
piedra natural



Realización: Grupos GInTE / Ingenia / Interes

UNE-EN 13755:2002





Material:

Baño de agua termostático





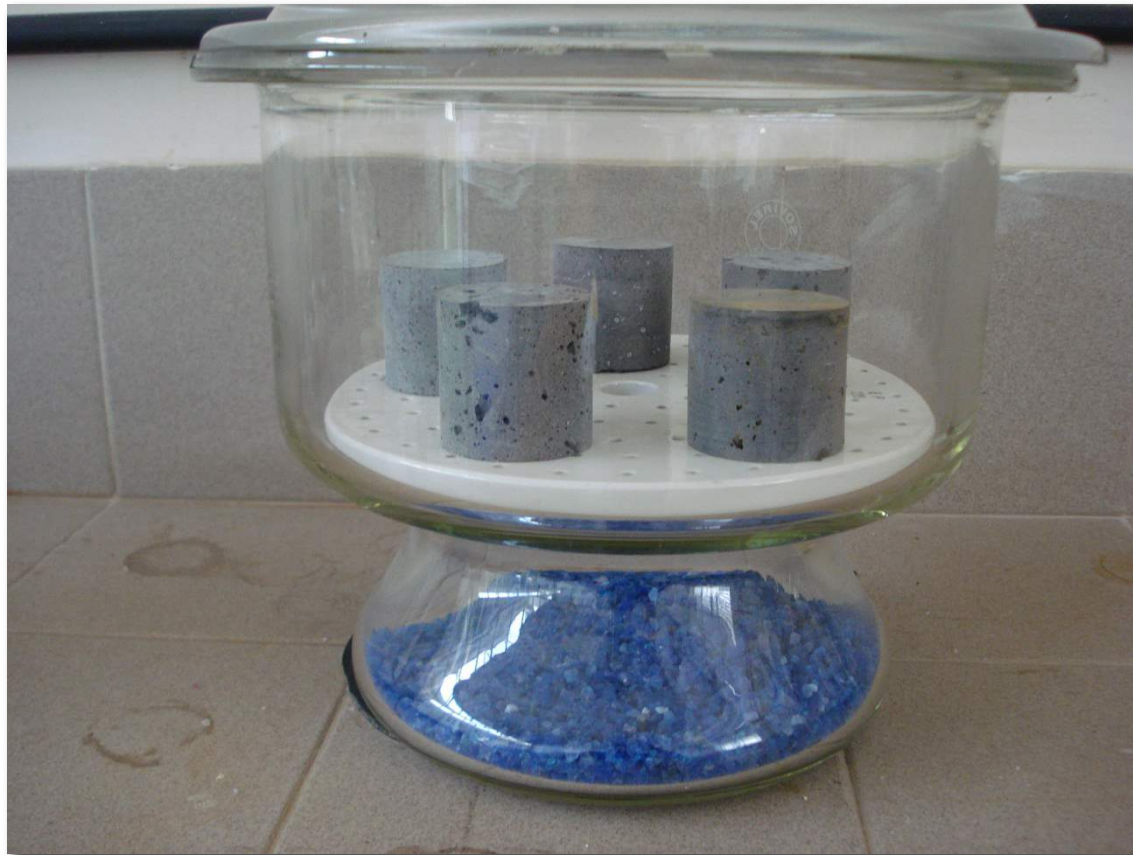
Las probetas deben ser cubos o cilindros de 70 o 50 mm de lado o diámetro.





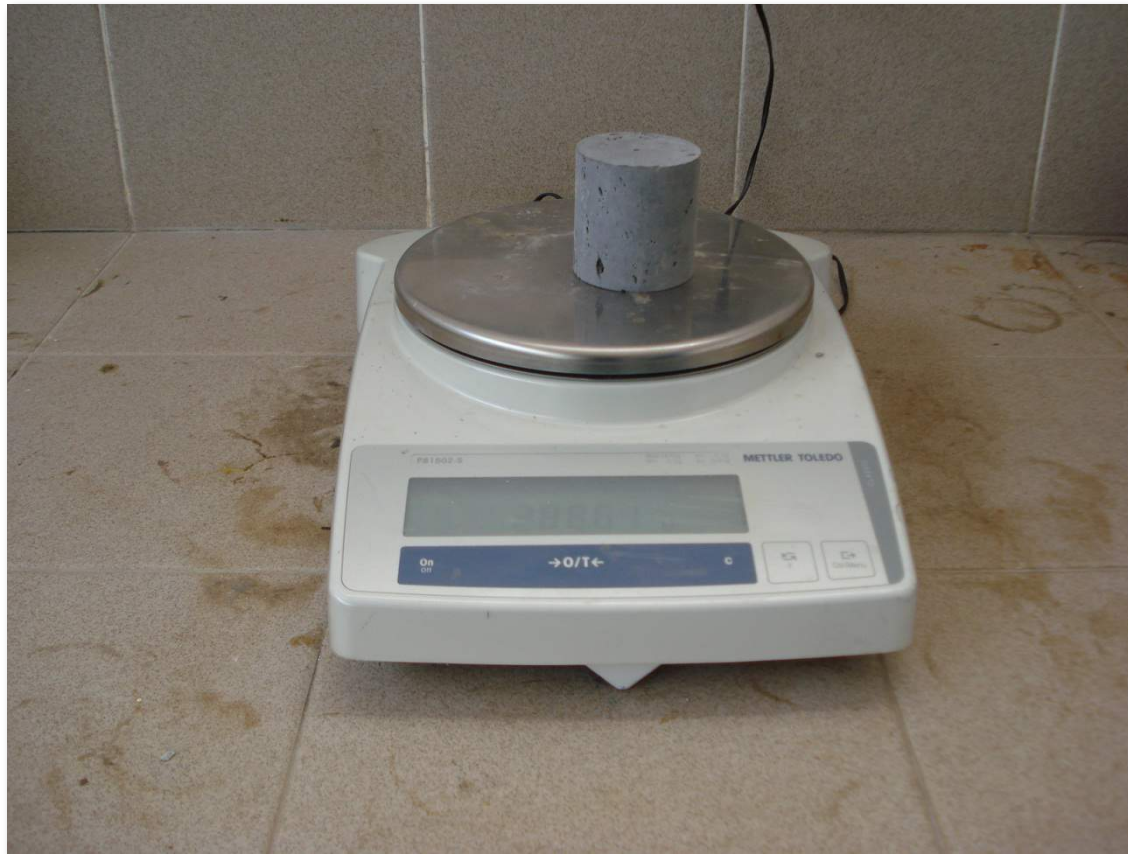
Las probetas se secarán en estufa hasta masa constante





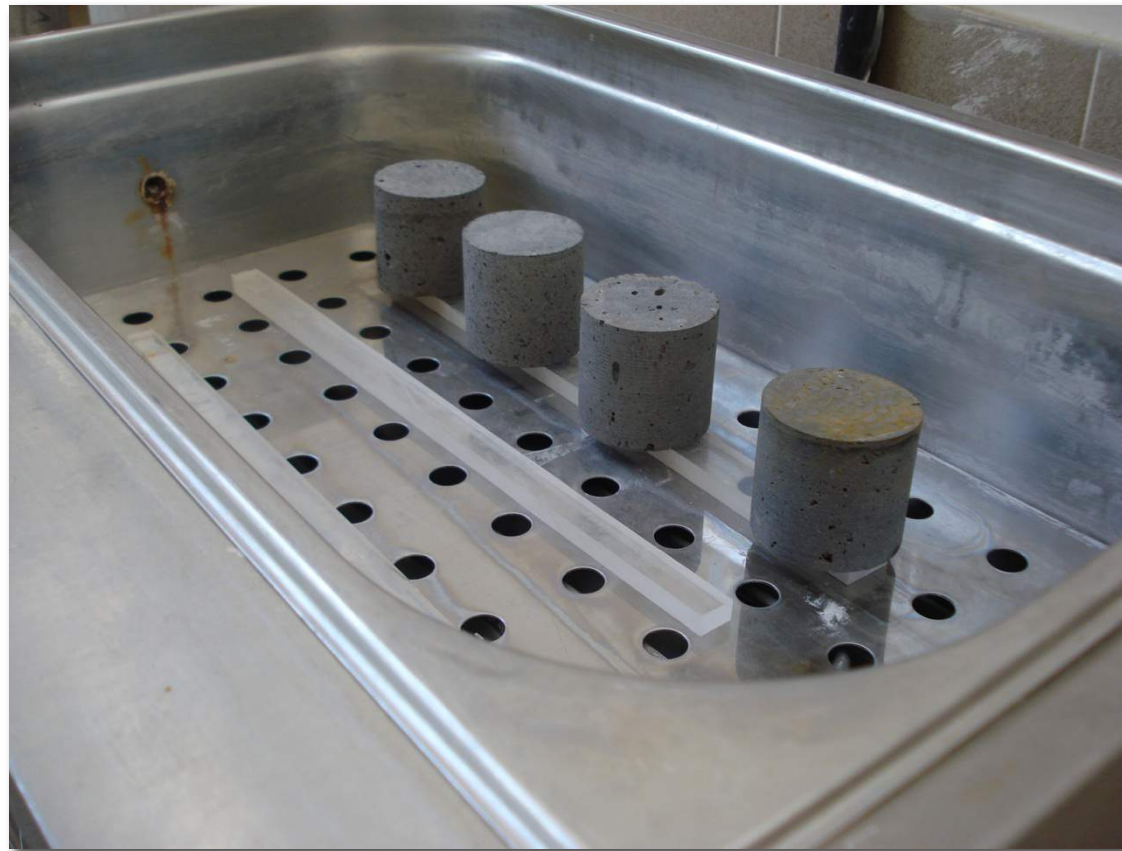
Se colocan en un desecador hasta alcanzar temperatura ambiente





Se pesan las probetas después de secarlas (m_d).





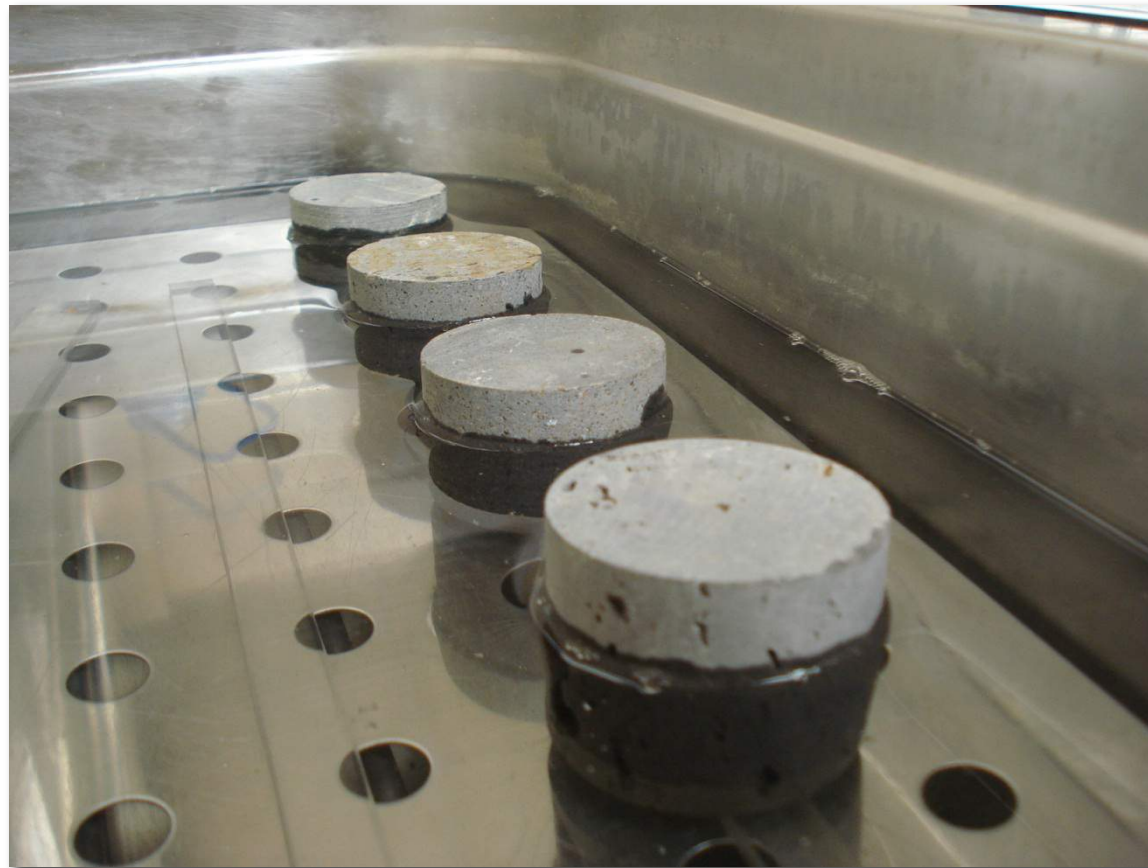
Se colocan las muestras en el tanque sobre pequeños apoyos.





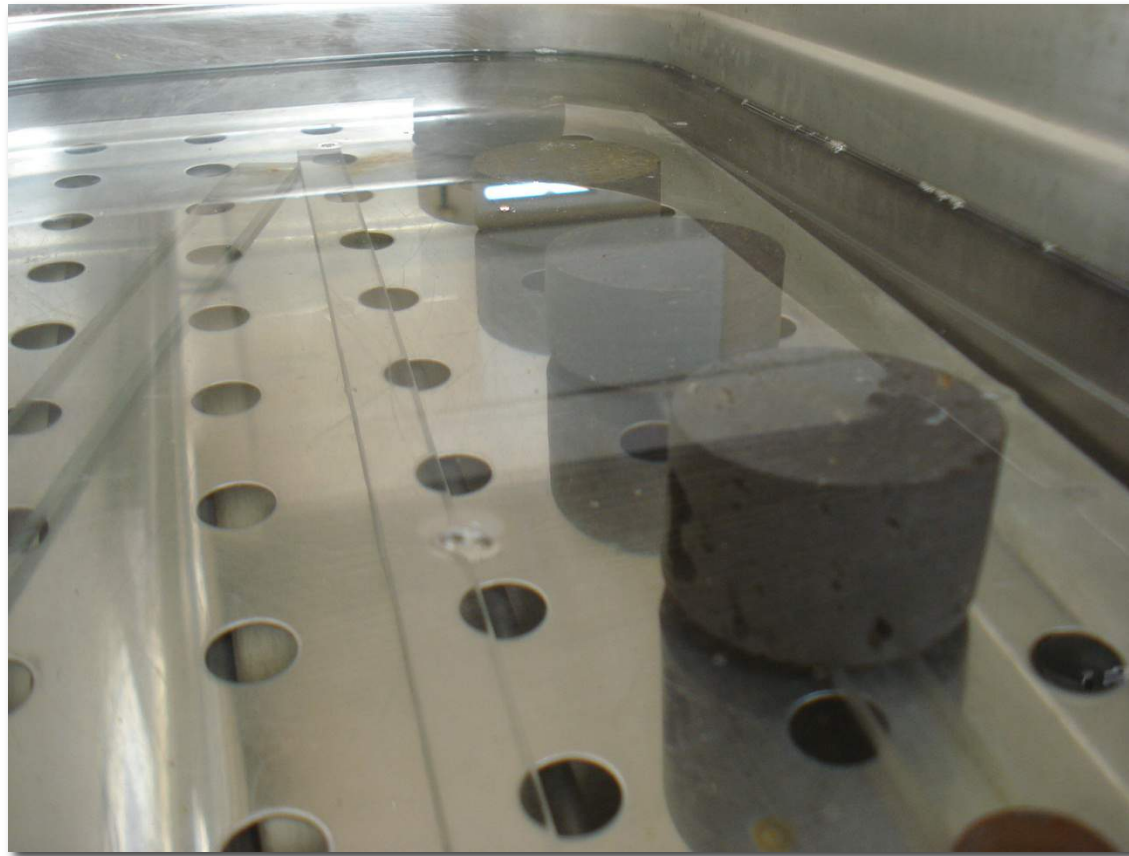
Se añade agua hasta la mitad de las probetas.





Transcurridos 60 minutos desde el inicio del ensayo, se añade agua hasta las $\frac{3}{4}$ partes de las probetas.





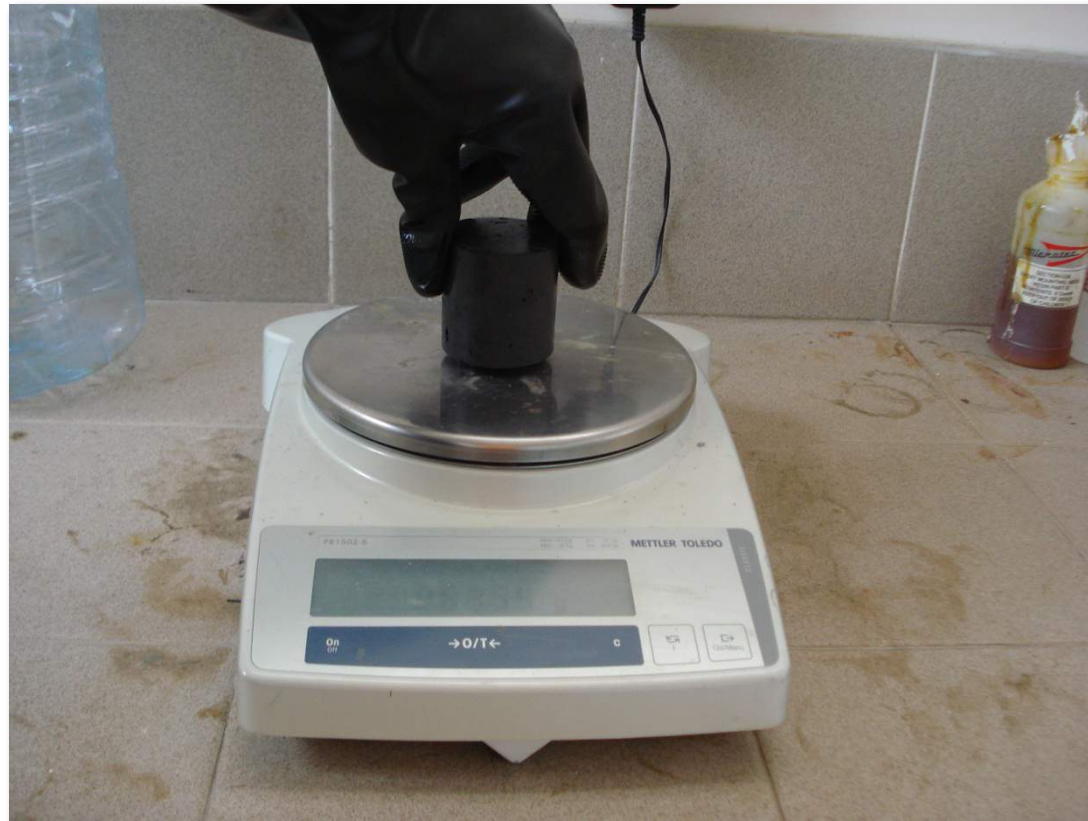
A los 120 minutos, se añade agua hasta cubrir totalmente las probetas.





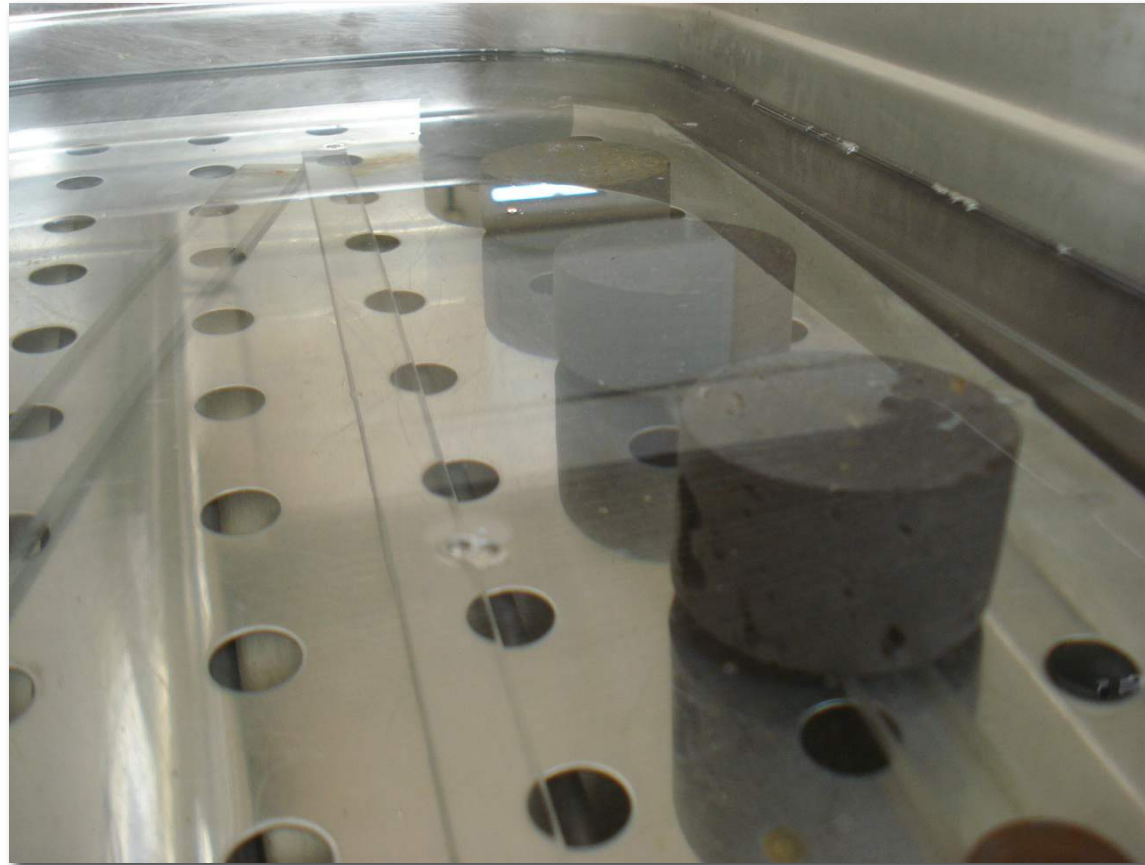
Después de 48 horas, se sacan las probetas del agua y se secan rápidamente con un trapo húmedo.





Se pesan las probetas (m_i) y se sumergen de nuevo continuando con el ensayo.





Se repite el proceso de secado, pesada e inmersión cada 24 horas, hasta conseguir masa constante (m_s) finalizando así el ensayo.





$$A_b = \frac{m_s - m_d}{m_d} \cdot 100$$

El resultado se debe expresar como un porcentaje, redondeado al 0,1% mas próximo

La absorción de agua a presión atmosférica A_b de cada probeta se calcula con la siguiente formula.



Profesores

Luis Enrique Hernández Gutiérrez (Gobierno de Canarias)

Juan Carlos Santamarta Cerezal (Coordinador ULL)

Roberto Tomás Jover (Coordinador UA)

Miguel Cano González (UA)

Javier García Barba (UA)

Edición y Montaje

Alberto Piñero García (Gobierno de Canarias)

Técnico

Alberto Piñero García (Gobierno de Canarias)



**GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)**

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





COMO CITAR ESTE MATERIAL:

Hernández-Gutiérrez, L.E., Santamarta, J.C., Tomás, R., Cano, M., García-Barba, J., Piñero-García, A. (2013). Prácticas de Ingeniería del Terreno. Universidades de Alicante y de La Laguna. <http://web.ua.es/es/ginter/> ó <http://ocw.ull.es/> (fecha de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.

<http://web.ua.es/es/ginter/>

<http://ocw.ull.es/>

<http://web.ua.es/es/interes/interes-ingenieria-del-terreno-y-sus-estructuras.html>

<http://webpages.ull.es/users/jcsanta/>



GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





Resistencia a carga puntual de rocas

Ensayo de resistencia a carga
puntual o *Point Load Test (PLT)*

Realización: Grupos GInTE / Ingenia / Interes

UNE 22950-5-96





Material:

Equipo de carga puntual.





Las muestras para realizar el ensayo se pueden obtener de un bloque de roca, de un sondeo o a partir de fragmentos de origen diverso. La portabilidad del equipo permite que el ensayo pueda realizarse *in situ* o en el laboratorio.





Este procedimiento de ensayo permite obtener el índice $Is_{(50)}$, mediante la aplicación de una carga concentrada en dos punzones cónicos metálicos (carga puntual).

Existen varias modalidades de ensayo: Diametral, axial, de bloque, fragmentos irregulares y de anisotropía.

En esta presentación se expone el ensayo diametral.



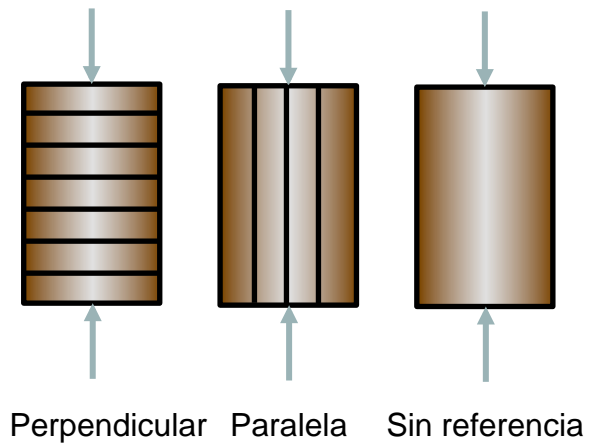


Corte y preparación. Las probetas deben ser cilíndricas, con una relación longitud/diámetro superior 1,0 tanto diametral como con anisotropía.





Carga / Anisotropía



Se romperán al menos en cada ensayo 10 testigos si la roca es homogénea y más si la roca es heterogénea o anisótropa.

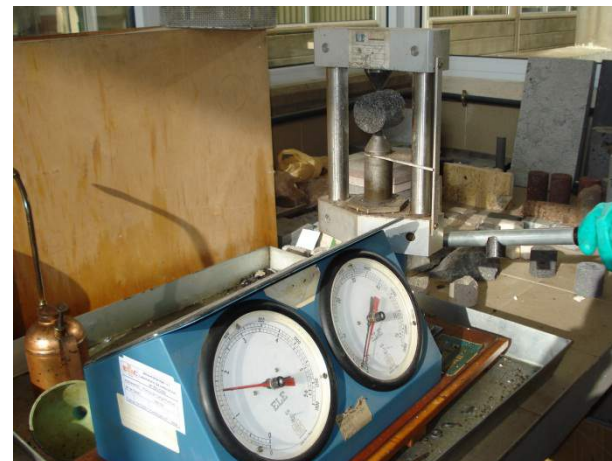




El fragmento se introduce en la maquina de ensayos y los punzones se cierran para establecer contacto a lo largo de un diámetro del testigo (**D**). La distancia **L** existente entre los puntos y el extremo libre mas cercano debe ser al menos 0,5 **D**. La distancia **D** se medirá con precisión $\pm 2\%$.

La carga se incrementara de forma constante, de tal manera que se produzca la rotura entre 10 s y 60 s, quedando registrada la carga **P**.

La resistencia a carga puntual no corregida, I_s , se obtiene de la expresión:
 $I_s = P/D^2$





El índice de resistencia a carga puntual $Is_{(50)}$, de una roca, se define como el valor de Is que se obtendría para la misma muestra con un diámetro equivalente de 50 mm.

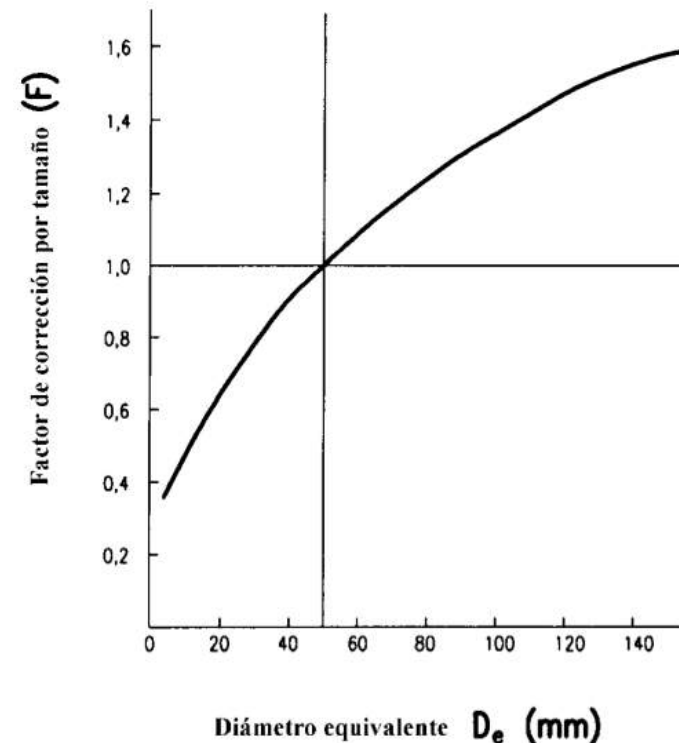
Para la corrección por tamaño se aplica la siguiente fórmula:

$$Is_{(50)} = F \cdot Is$$

Donde F es un factor de corrección que se obtiene a partir de la grafica de la derecha o de la siguiente expresión:

$$F = (D/50)^{0,45}$$

El resultado se expresa en MPa.





Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



Universidad
de La Laguna



Profesores

Luis Enrique Hernández Gutiérrez (Gobierno de Canarias)

Juan Carlos Santamarta Cerezal (Coordinador ULL)

Roberto Tomás Jover (Coordinador UA)

Miguel Cano González (UA)

Javier García Barba (UA)

Edición y Montaje

Isidoro E. Cantero Mesa (Gobierno de Canarias)

Técnico

Isidoro E. Cantero Mesa (Gobierno de Canarias)



**GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)**

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





COMO CITAR ESTE MATERIAL:

Hernández-Gutiérrez, L.E., Santamarta, J.C., Tomás, R., Cano, M., García-Barba, J., Cantero-Mesa, I.E. (2013). Prácticas de Ingeniería del Terreno. Universidades de Alicante y de La Laguna. <http://web.ua.es/es/ginter/> ó <http://ocw.ull.es/> (fecha de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.

<http://web.ua.es/es/ginter/>

<http://ocw.ull.es/>

<http://web.ua.es/es/interes/interes-ingenieria-del-terreno-y-sus-estructuras.html>

<http://webpages.ull.es/users/jcsanta/>



GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





Compresión simple de rocas

Determinación de la resistencia a la compresión uniaxial de las rocas



Realización: Grupos GInTE / Ingenia / Interes

UNE 22-950-90 Parte 1





Material:

Prensa hidráulica de compresión.





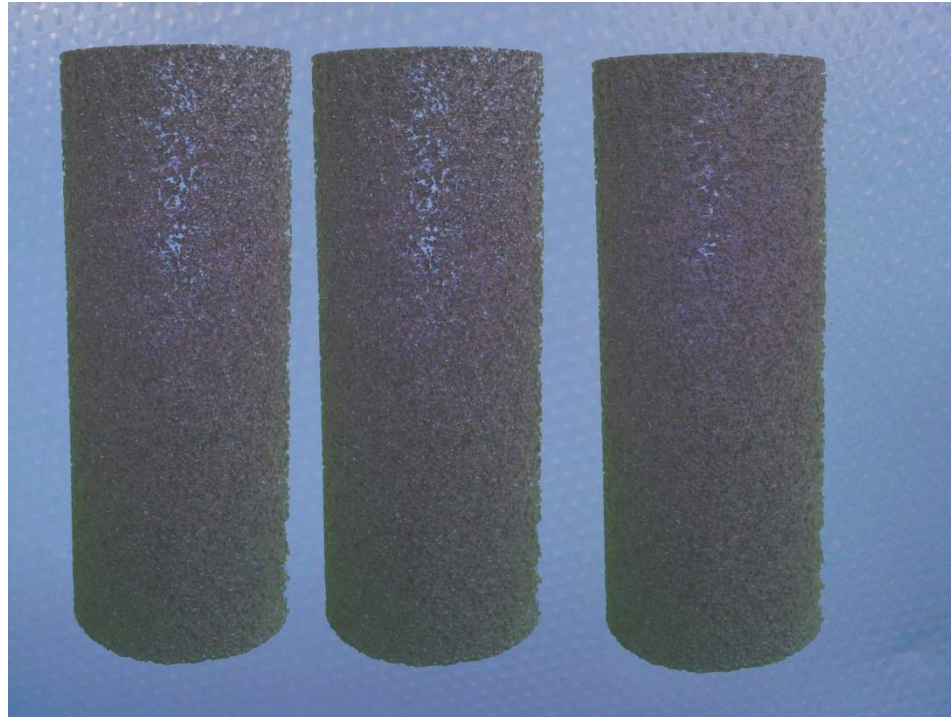
Extracción de probeta cilíndrica para ensayo, a partir de un bloque de roca.



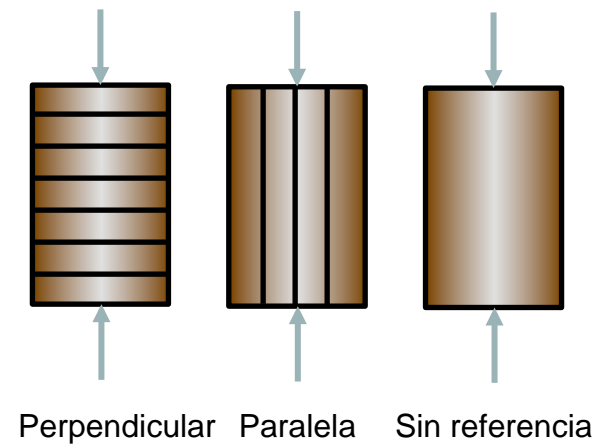


Corte y preparación. Las probetas deben ser cilíndricas, con una relación altura/diámetro de 2,5 a 3,0. El diámetro debe ser 10 veces superior al tamaño del grano mayor de la roca y no inferior a 50,0 mm.





Carga / Anisotropía



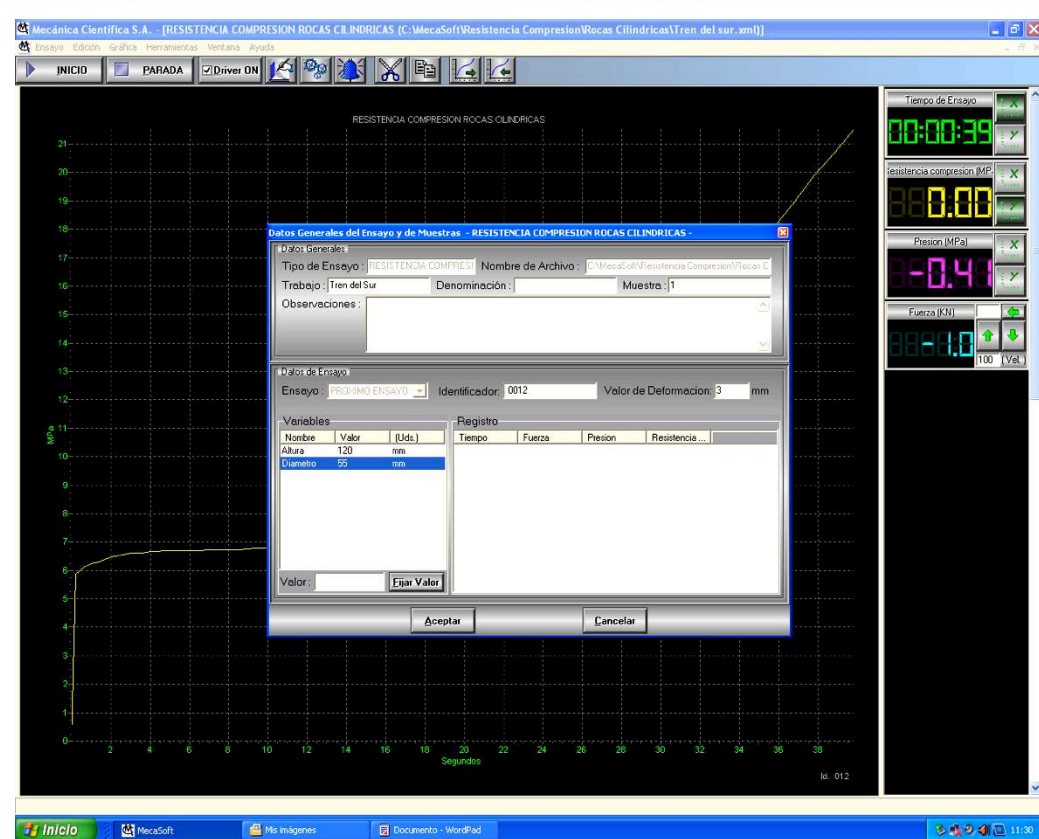
Si es posible, se dispondrá de 5 testigos por muestra, siempre y cuando los testigo sean homogéneos. Para testigos con marcadores de anisotropías se deben ensayar tantos testigos perpendiculares como paralelos.





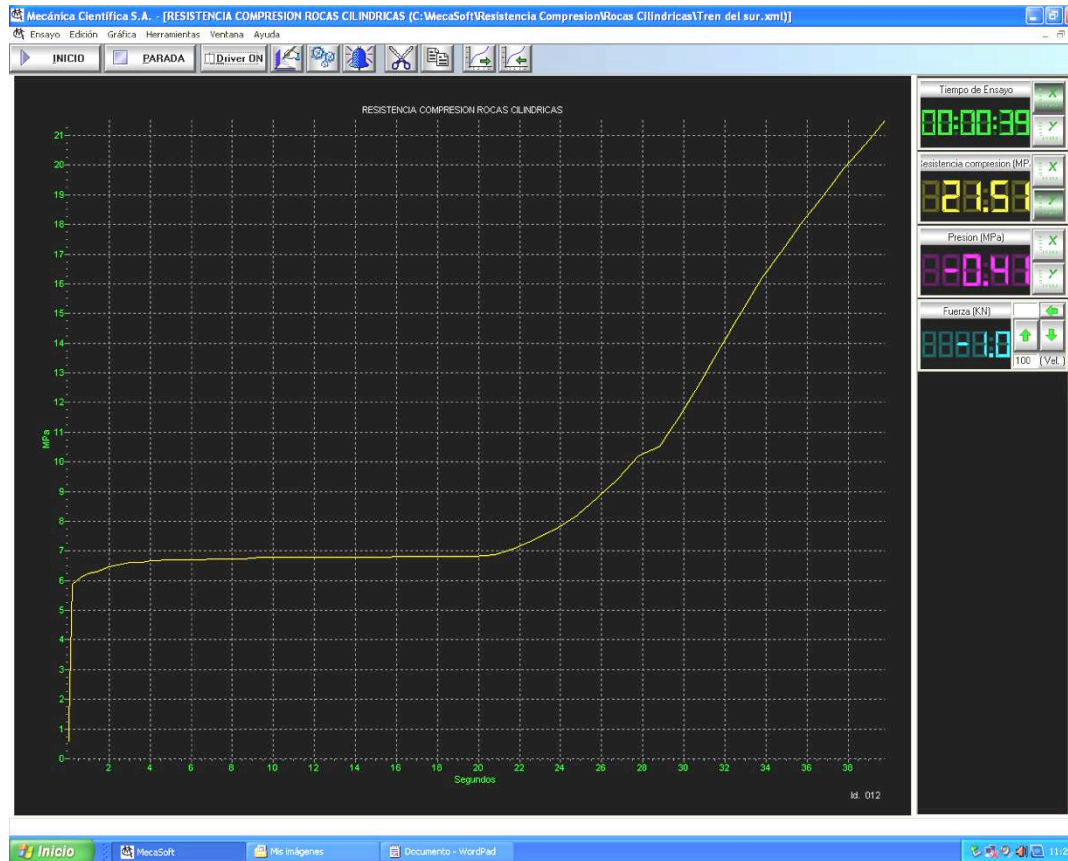
Dimensionar y pesar. Se medirán dos diámetros en ángulo recto en la parte superior, media e inferior de la probeta, con un calibrador o pie de rey y se calcula la media. Igualmente se toman medidas de la altura del cilindro. Se pesa el testigo.





Se coloca el testigo en la prensa hidráulica, considerando la anisotropía de la muestra. La carga se aplica continuamente de forma tal que la rotura se produzca entre los y los 10 min. La velocidad de carga debe estar comprendida dentro de los límites de 0,5 y 1,0 MPa/s





Se anotará la forma de rotura y se tomará una fotografía. La carga máxima registrada en Newtons (o en sus múltiplos) se divide por la sección de la probeta, para obtener la resistencia a compresión uniaxial de la misma, expresada en MPa.



Profesores

Luis Enrique Hernández Gutiérrez (Gobierno de Canarias)

Juan Carlos Santamarta Cerezal (Coordinador ULL)

Roberto Tomás Jover (Coordinador UA)

Miguel Cano González (UA)

Javier García Barba (UA)

Edición y Montaje

Isidoro E. Cantero Mesa (Gobierno de Canarias)

Técnico

Isidoro E. Cantero Mesa (Gobierno de Canarias)



**GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)**

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





COMO CITAR ESTE MATERIAL:

Hernández-Gutiérrez, L.E., Santamarta, J.C., Tomás, R., Cano, M., García-Barba, J., Cantero-Mesa, I.E. (2013). Prácticas de Ingeniería del Terreno. Universidades de Alicante y de La Laguna. <http://web.ua.es/es/ginter/> ó <http://ocw.ull.es/> (fecha de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.

<http://web.ua.es/es/ginter/>

<http://ocw.ull.es/>

<http://web.ua.es/es/interes/interes-ingenieria-del-terreno-y-sus-estructuras.html>

<http://webpages.ull.es/users/jcsanta/>



GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





Densidad aparente de una roca

Determinación de la densidad aparente, método de la balanza hidrostática



Realización: Grupos GInTE / Ingenia / Interes

UNE-EN 103301-94





Este ensayo se puede realizar a partir de fragmentos irregulares de roca. Es práctica habitual aprovechar los sobrantes de los cortes de la preparación de testigos de roca para compresión simple.





Se seca la muestra en estufa hasta masa constante y se determina su humedad (w).





Se deja enfriar la muestra en desecador y se pesa (M_1)





Se calienta la parafina para recubrir la muestra.





Se sumerge la muestra en parafina hasta recubrirla por completo.





Se obtiene el peso de la muestra con parafina (M_2). La diferencia entre M_1 y M_2 nos da la masa de la parafina (M_3). El volumen de la parafina (V_1) resulta del cociente entre M_3 y la densidad de la misma.

Luego se pesa la muestra sumergida en balanza hidrostática (M_4).





$$V_2 = M_2 - M_4 - V_1$$

Cálculo del volumen de la muestra en cm^3

$$\rho = \frac{M_1}{V_2}$$

Densidad húmeda de la muestra en g/cm^3

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + w/100}$$

Densidad seca de la muestra en g/cm^3

Cálculos para obtener la densidad aparente



Profesores

Luis Enrique Hernández Gutiérrez (Gobierno de Canarias)

Juan Carlos Santamarta Cerezal (Coordinador ULL)

Roberto Tomás Jover (Coordinador UA)

Miguel Cano González (UA)

Javier García Barba (UA)

Edición y Montaje

Alberto Piñero García (Gobierno de Canarias)

Técnico

Alberto Piñero García (Gobierno de Canarias)



**GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)**

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





COMO CITAR ESTE MATERIAL:

Hernández-Gutiérrez, L.E., Santamarta, J.C., Tomás, R., Cano, M., García-Barba, J., Piñero-García, A. (2013). Prácticas de Ingeniería del Terreno. Universidades de Alicante y de La Laguna. <http://web.ua.es/es/ginter/> ó <http://ocw.ull.es/> (fecha de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.

<http://web.ua.es/es/ginter/>

<http://ocw.ull.es/>

<http://web.ua.es/es/interes/interes-ingenieria-del-terreno-y-sus-estructuras.html>

<http://webpages.ull.es/users/jcsanta/>



GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





Densidad y porosidad de una roca

Determinación de la densidad real y aparente y de la porosidad abierta y total



Realización: Grupos GInTE / Ingenia / Interes

UNE-EN 1936:2007





Material:

Cámara y bomba de vacío





Las probetas deben ser cubos o cilindros de 70 o 50 mm. Se dispondrá al menos de 6 probetas por muestra a ensayar.





Porosidad abierta y densidad aparente

Las probetas se secan en estufa hasta masa constante.





Tras el secado en estufa, se colocan en un desecador hasta alcanzar temperatura ambiente.





Se extraen las probetas del desecador y se obtiene su masa por pesado en balanza (m_d).





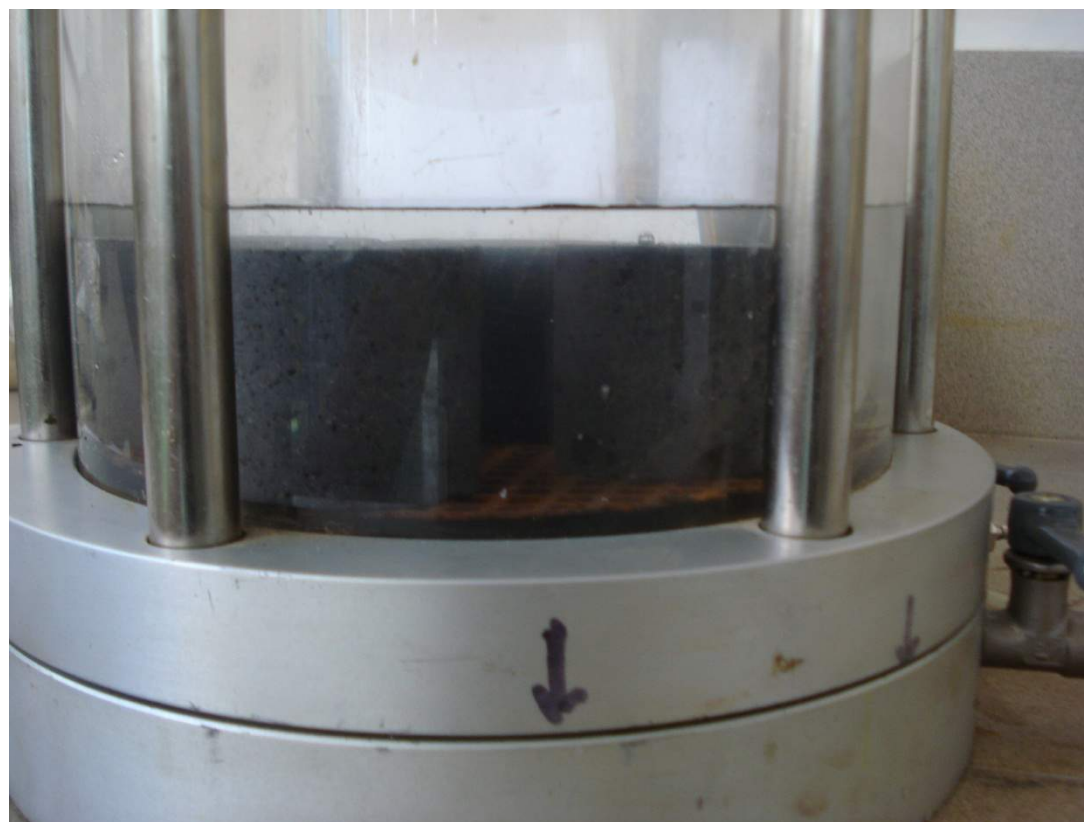
Se colocan las probetas en el recipiente de vacío y se disminuye la presión hasta 2 kPa durante 2 horas.





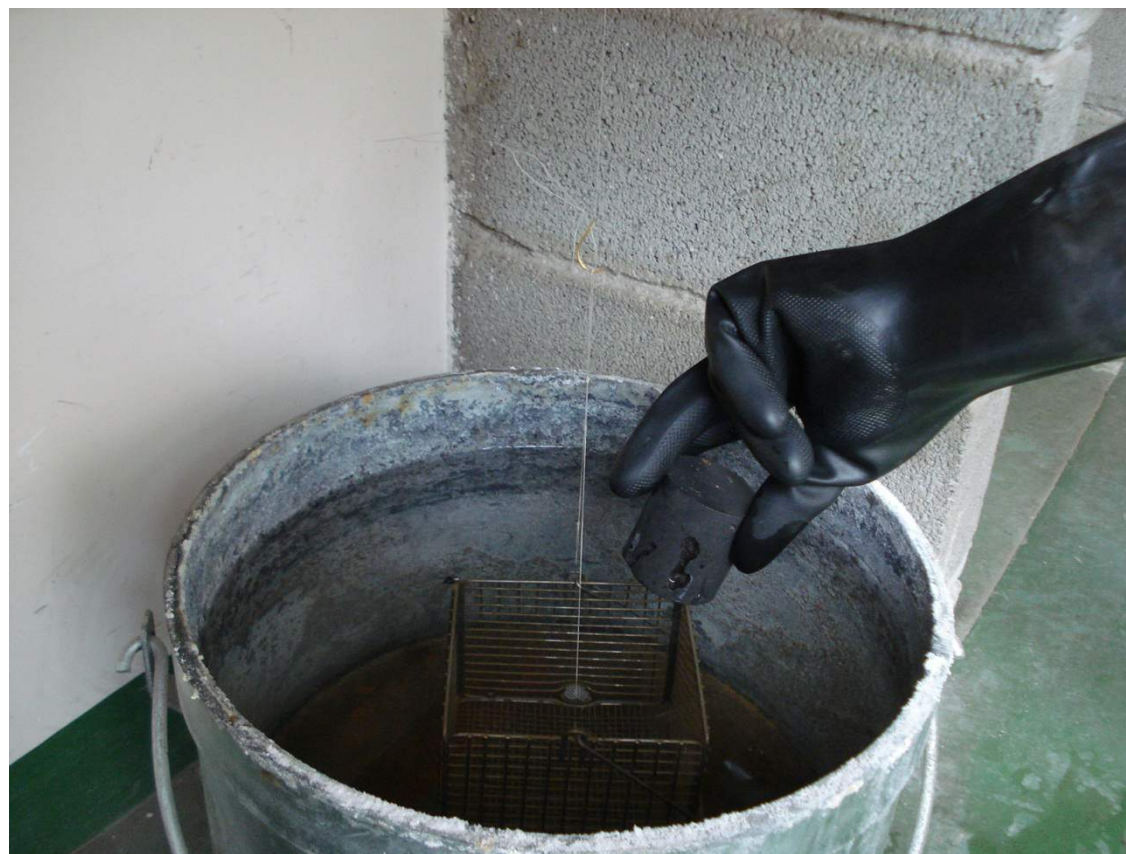
Después de mantener la presión, se añade agua al recipiente hasta cubrir las muestras





Cuando las muestras están sumergidas se restablece la presión atmosférica y se dejan 24 h.





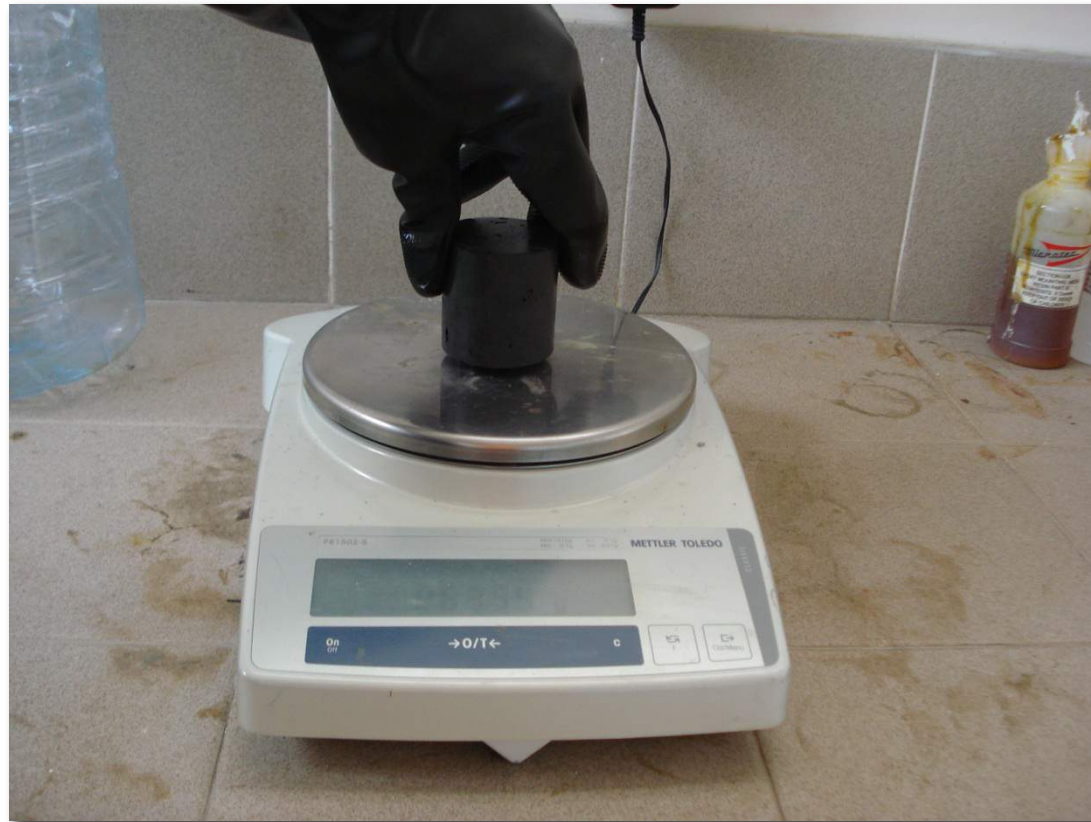
Se pesan las muestras bajo el agua en balanza hidrostática y se anota su masa (m_h).





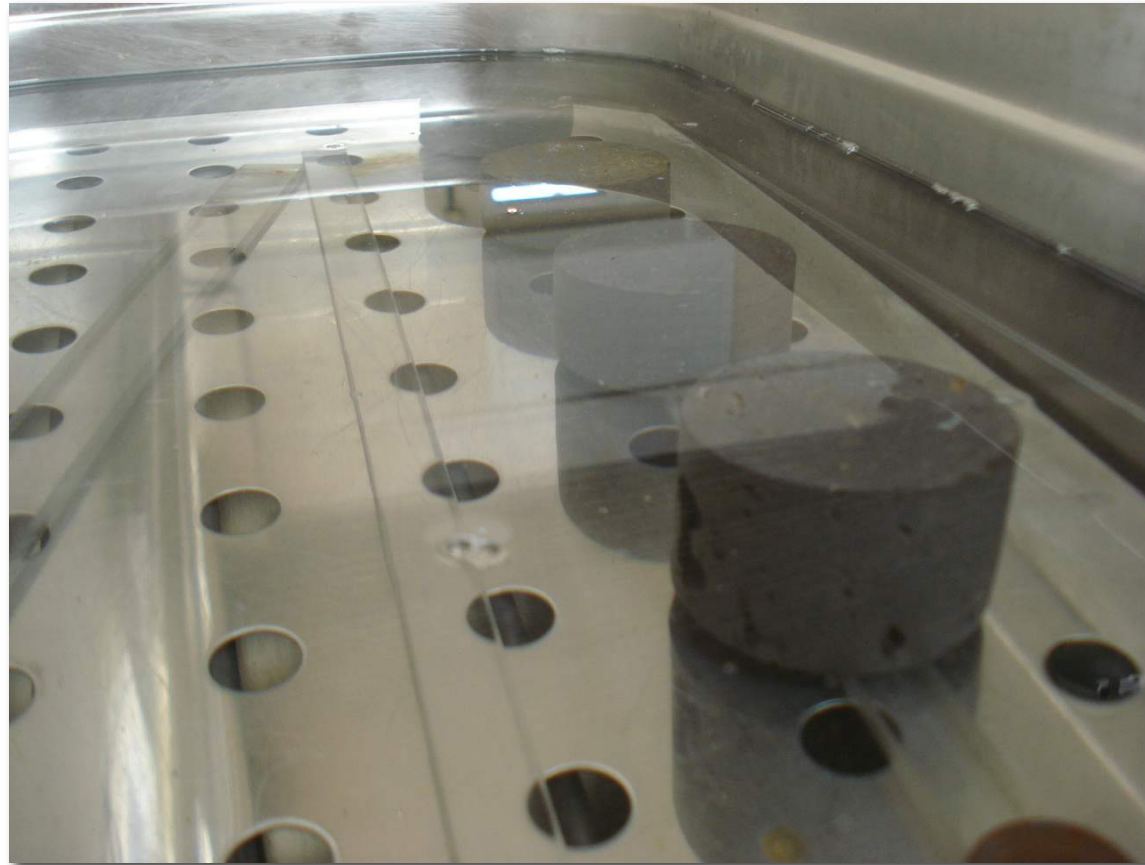
Se secan superficialmente de forma rápida con un trapo húmedo





Se anota la masa saturada de las probetas (m_s)





Cada 24 h se sacan y se pesan las probetas hasta conseguir masa constante finalizando así el ensayo para la determinación de la porosidad abierta y densidad aparente.





POROSIDAD
ABIERTA

$$\rho_o = \frac{m_s - m_d}{m_s - m_h} \times 100$$

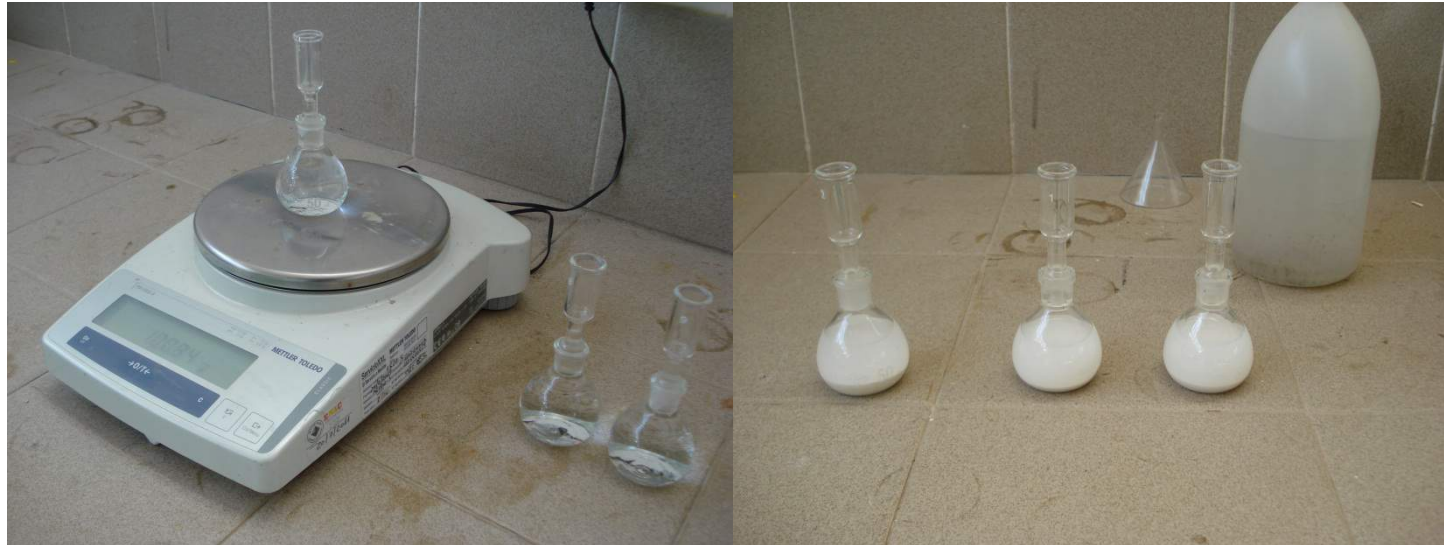
DENSIDAD
APARENTE

$$\rho_b = \frac{m_d}{m_s - m_h} \times \rho_{rh}$$

Cálculos para obtener la porosidad abierta y la densidad aparente.

El valor de la densidad del agua ρ_{rh} a 20°C es de 998 kg/m³.





Densidad real (método del picnómetro)

Las probetas, una vez determinada la densidad aparente y la porosidad abierta, se muelen por separado hasta que las partículas pasen por el tamiz 0,063 mm de malla.

Se introduce agua desionizada hasta la mitad del picnómetro y a continuación se añade la masa pesada de la probeta triturada m_e .





Se somete el picnómetro a vacío (2 kPa) para eliminar las burbujas de aire.





A continuación se llena el picnómetro hasta el enrase y se pesa con precisión de $\pm 0,01$ g (m_1)

Se vacía y limpia el picnómetro, se llena sólo con agua desionizada y se pesa con precisión de $\pm 0,1$ g (m_2).





DENSIDAD REAL

$$\rho_r = \frac{m_e}{m_2 + m_e - m_1} \times \rho_{rh}$$

POROSIDAD TOTAL

$$p = \frac{\frac{1}{\rho_b} - \frac{1}{\rho_r}}{\frac{1}{\rho_b}} \times 100 = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_r}\right) \times 100$$

La densidad real y la porosidad total se obtienen a partir de las siguientes formulas.

El valor de la densidad del agua ρ_{rh} a 20°C es de 998 kg/m³.



Profesores

Luis Enrique Hernández Gutiérrez (Gobierno de Canarias)

Juan Carlos Santamarta Cerezal (Coordinador ULL)

Roberto Tomás Jover (Coordinador UA)

Miguel Cano González (UA)

Javier García Barba (UA)

Edición y Montaje

Alberto Piñero García (Gobierno de Canarias)

Técnico

Alberto Piñero García (Gobierno de Canarias)



Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna





COMO CITAR ESTE MATERIAL:

Hernández-Gutiérrez, L.E., Santamarta, J.C., Tomás, R., Cano, M., García-Barba, J., Piñero-García, A. (2013). Prácticas de Ingeniería del Terreno. Universidades de Alicante y de La Laguna. <http://web.ua.es/es/ginter/> ó <http://ocw.ull.es/> (fecha de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.

<http://web.ua.es/es/ginter/>

<http://ocw.ull.es/>

<http://web.ua.es/es/interes/interes-ingenieria-del-terreno-y-sus-estructuras.html>

<http://webpages.ull.es/users/jcsanta/>



GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





Resistencia a la fragmentación de áridos

Determinación de la resistencia a la fragmentación por el método Los Ángeles



Realización: Grupos GInTE / Ingenia / Interes

UNE-EN 1097-2:1999





Material:

Maquina para desgaste Los Angeles





La masa inicial de la muestra será de al menos 15 kg de árido, que pase por el tamiz 14 mm y que retenga en el tamiz 10mm.

Se tamiza la muestra por los tamices de 12,5 mm y 11,2 mm





Se obtendrán 5000 gr de muestra, cuya curva granulométrica cumpla que entre el 60 y 70 % del árido deberá pasar por el tamiz de 12,5 mm y entre el 30 y 40 % del árido deberá pasar por el tamiz de 11,2 mm.

Se obtienen las fracciones granulométricas para el ensayo y se lavan.





Tras el secado en estufa, se mezclan las fracciones granulométricas.





Se vierte la muestra en el tambor del molino de Los Ángeles junto con la carga abrasiva (bolas de acero).





Después de 500 ciclos se extrae la muestra con las bolas del tambor.





Después de extraer la muestra del tambor se lava y se tamiza por el tamiz 1,6 mm





Se seca la muestra, se pesa el material retenido en el tamiz
1,6 mm (m)





$$LA = \frac{5\,000 - m}{50}$$

Expresión para obtener el coeficiente Los Ángeles (LA). Se expresa en %, redondeando al entero más próximo.

Siendo m la masa retenida en el tamiz 1,6 mm tras realizar el ensayo.



Profesores

Luis Enrique Hernández Gutiérrez (Gobierno de Canarias)

Juan Carlos Santamarta Cerezal (Coordinador ULL)

Roberto Tomás Jover (Coordinador UA)

Miguel Cano González (UA)

Javier García Barba (UA)

Edición y Montaje

Alberto Piñero García (Gobierno de Canarias)

Técnico

Alberto Piñero García (Gobierno de Canarias)



**GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)**

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





COMO CITAR ESTE MATERIAL:

Hernández-Gutiérrez, L.E., Santamarta, J.C., Tomás, R., Cano, M., García-Barba, J., Piñero-García, A. (2013). Prácticas de Ingeniería del Terreno. Universidades de Alicante y de La Laguna. <http://web.ua.es/es/ginter/> ó <http://ocw.ull.es/> (fecha de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.

<http://web.ua.es/es/ginter/>

<http://ocw.ull.es/>

<http://web.ua.es/es/interes/interes-ingenieria-del-terreno-y-sus-estructuras.html>

<http://webpages.ull.es/users/jcsanta/>



GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



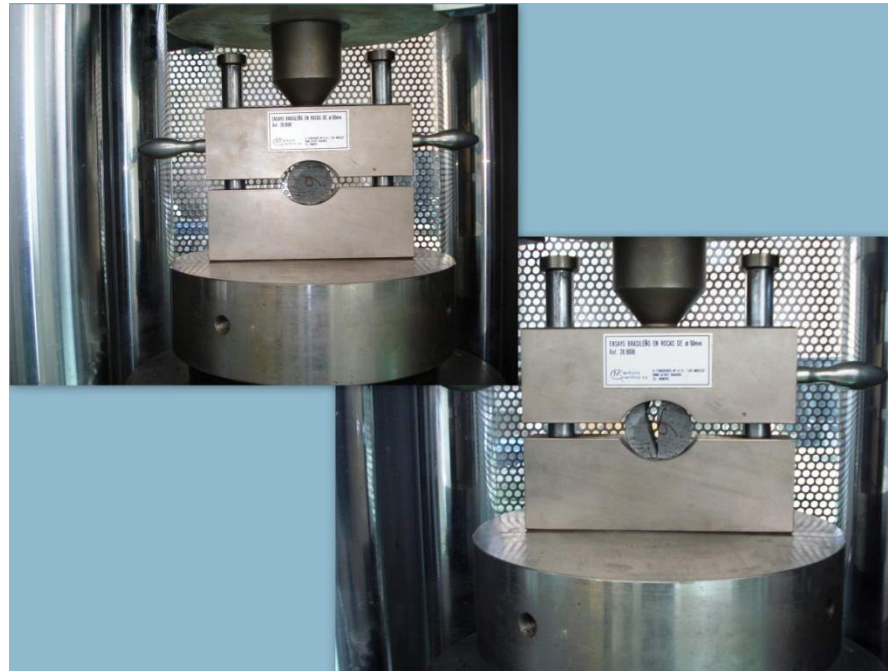
Gobierno de Canarias





Resistencia a Tracción

Determinación indirecta. Ensayo Brasileño



Realización: Grupos GInTE / Ingenia / Interes

UNE 22950-2:1990





Material:

Prensa hidráulica de compresión apta para tracción y mandíbulas de acero para aplicación de la carga





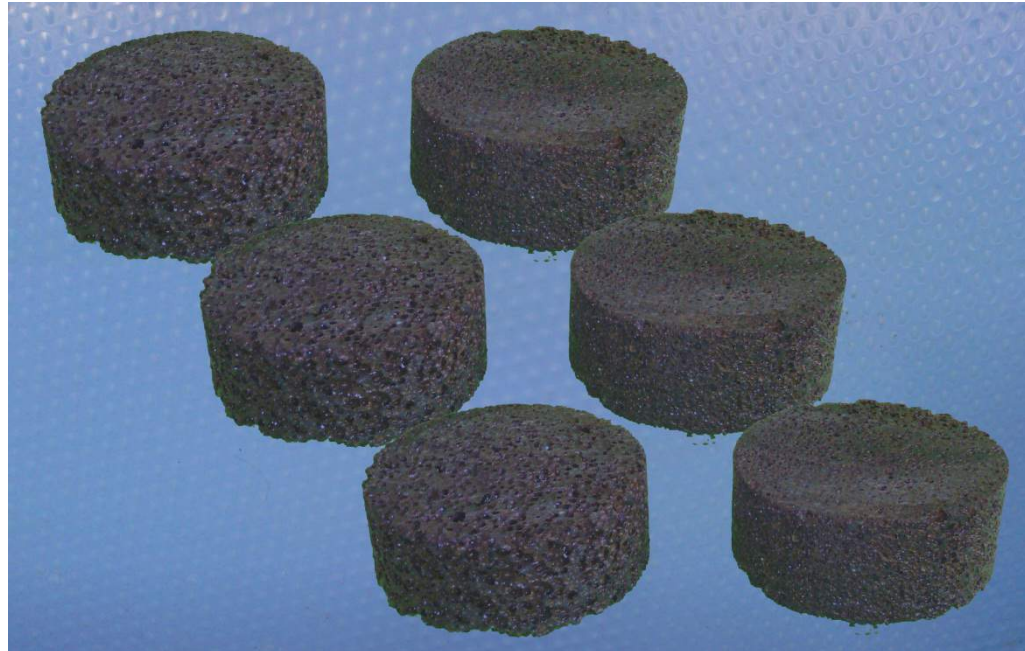
Extracción de testigos para ensayo a partir de un bloque de roca.



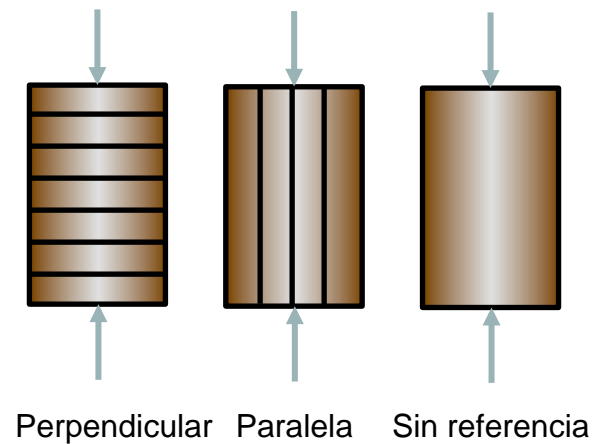


Corte y preparación. Los testigos deben ser cilíndricos, con un diámetro no inferior a 50 mm. El espesor medio en el centro debe ser igual al radio aproximadamente.





Carga / Anisotropía



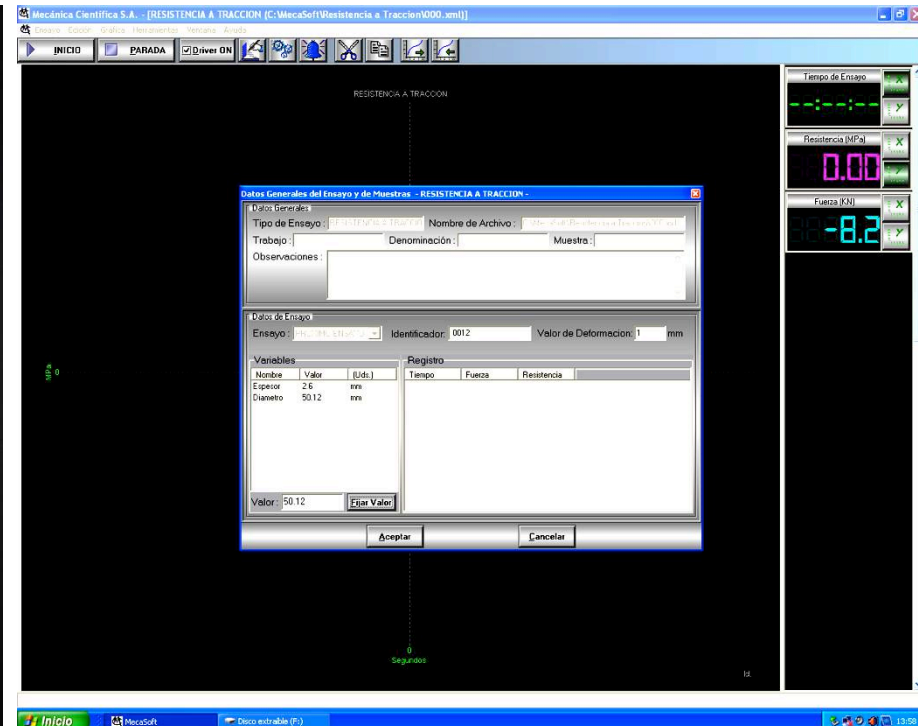
Se preparan 6 probetas o testigos por muestra de roca, siempre y cuando los testigo sean homogéneos. Para testigos con marcadores de anisotropías distintas, se dispondrán tanto testigos perpendiculares como paralelos.





Se toman las medidas de diámetro y espesor de la probeta con un calibrador o pie de rey.





Se coloca el testigo entre las mandíbulas de acero, en la prensa hidráulica, teniendo en cuenta la anisotropía de la muestra. La velocidad de rotura debe ser de 200 N/s y la rotura se ha de producir entre los 15 y 60 segundos.





Tras la rotura, se anota la forma de la misma y se toma una fotografía. La resistencia a tracción de la probeta σ_t , se calcula a partir de la expresión: $\sigma_t = 2P/D.e$

Donde **P** es la carga en la rotura en Newtons; **D** es el diámetro de la probeta en mm; **e** es el espesor de la probeta en mm.





Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



Universidad
de La Laguna



Profesores

Luis Enrique Hernández Gutiérrez (Gobierno de Canarias)

Juan Carlos Santamarta Cerezal (Coordinador ULL)

Roberto Tomás Jover (Coordinador UA)

Miguel Cano González (UA)

Javier García Barba (UA)

Edición y Montaje

Isidoro E. Cantero Mesa (Gobierno de Canarias)

Técnico

Isidoro E. Cantero Mesa (Gobierno de Canarias)



**GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)**

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





COMO CITAR ESTE MATERIAL:

Hernández-Gutiérrez, L.E., Santamarta, J.C., Tomás, R., Cano, M., García-Barba, J., Cantero-Mesa, I.E. (2013). Prácticas de Ingeniería del Terreno. Universidades de Alicante y de La Laguna. <http://web.ua.es/es/ginter/> ó <http://ocw.ull.es/> (fecha de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.

<http://web.ua.es/es/ginter/>

<http://ocw.ull.es/>

<http://web.ua.es/es/interes/interes-ingenieria-del-terreno-y-sus-estructuras.html>

<http://webpages.ull.es/users/jcsanta/>



GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



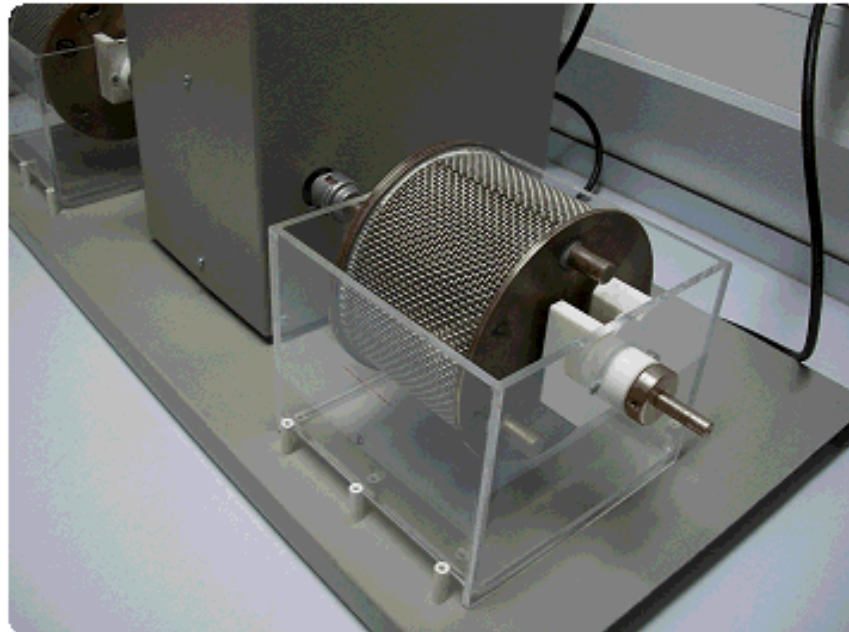
Gobierno de Canarias





Slake Durability Test

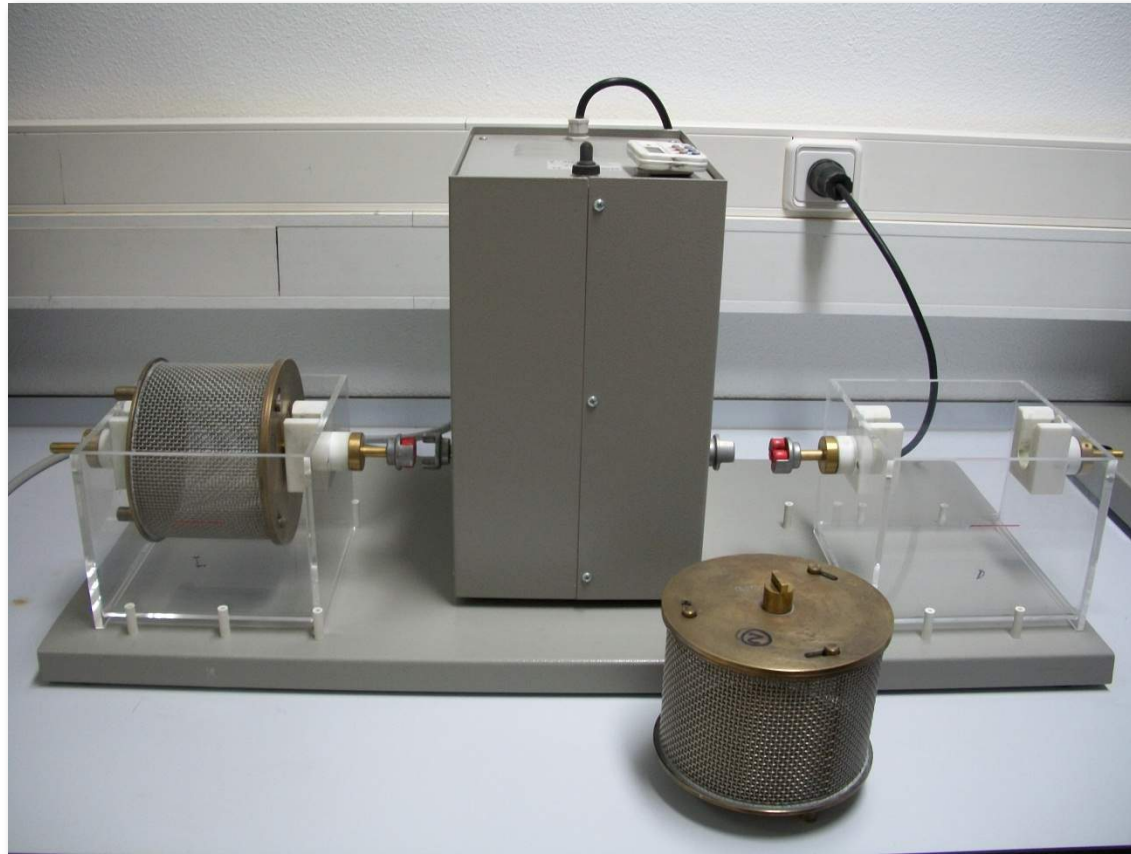
Determinación de la durabilidad al desmoronamiento de rocas blancas



Realización: Grupos GInTE / Ingenia / Interes

NLT-231/91





Material:

Equipo de ensayo Sehudes





Se prepara una muestra representativa de material rocoso formada por 10 fragmentos





Cada fragmento debe pesar entre 40 y 60 g





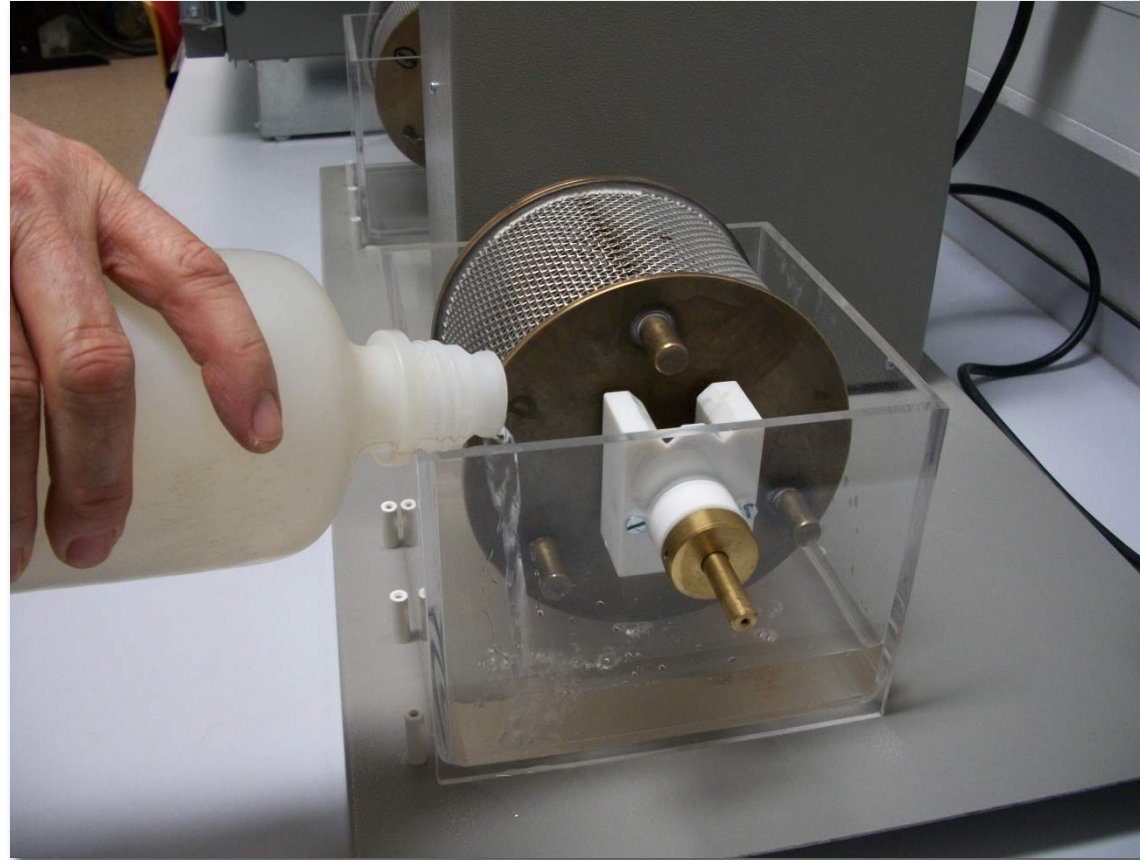
Lo que dará un peso total de 450 a 550 g





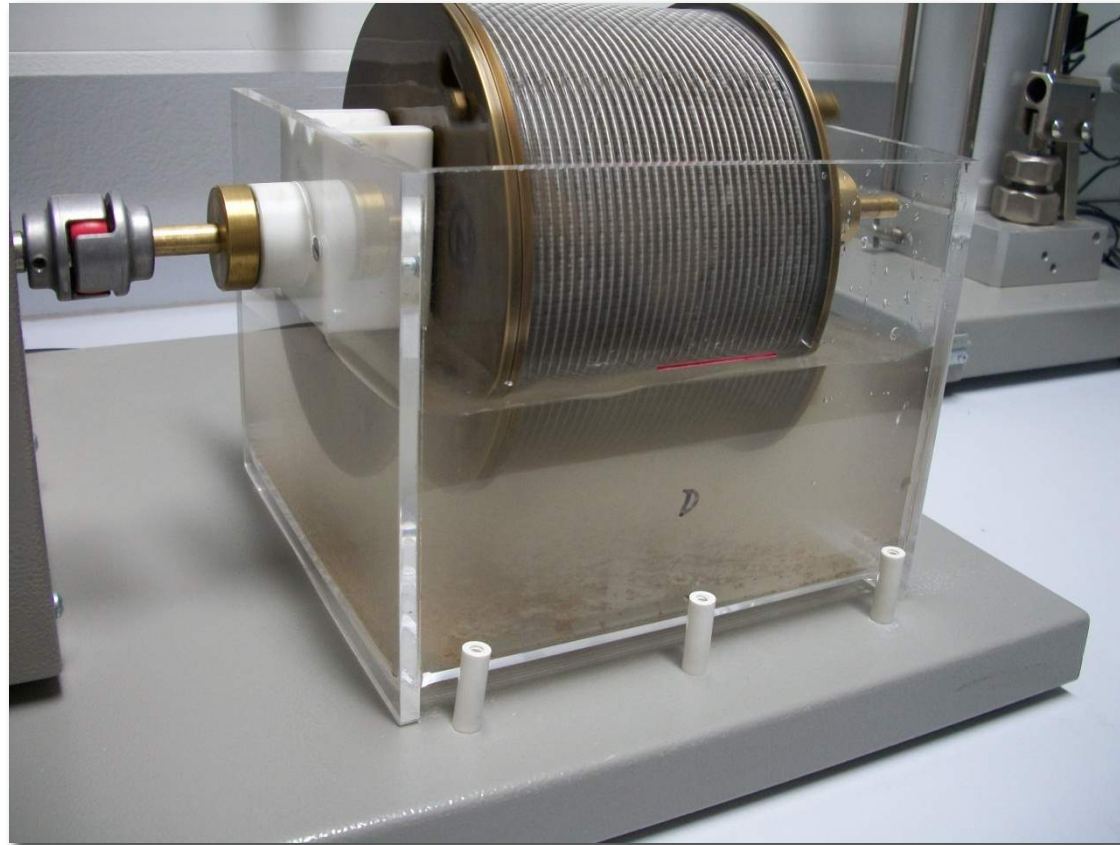
Se coloca la muestra en uno de los tambores, se seca a 105°C
y se registra el peso A





Se monta en conjunto y se rellena el recipiente con agua del grifo a 20°C hasta un nivel 20 mm por debajo del eje del tambor





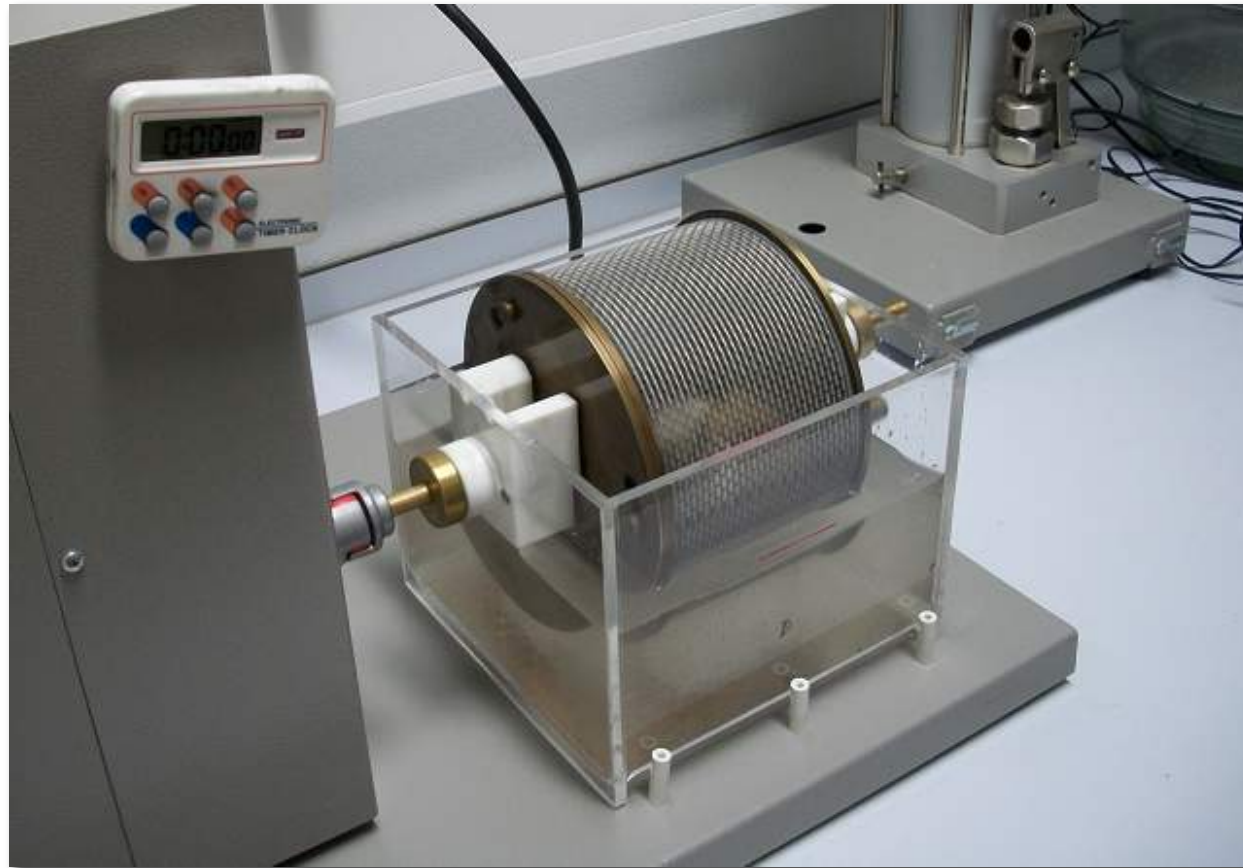
El tambor girará a 20 r.p.m. durante un período de 10 minutos
(1º ciclo)





Se retira el tambor y se mete el tambor más la muestra en estufa a 105°C. Una vez seca se determina el peso B





Se repite el ciclo anterior (2º ciclo) volviendo a ensayar la muestra y secándola para obtener el peso C



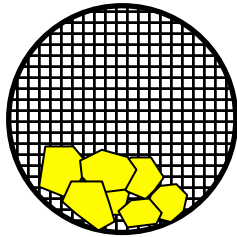


El tambor se limpia, y se registra su peso D

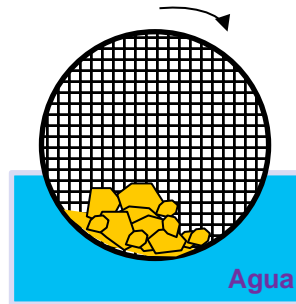




Masa A

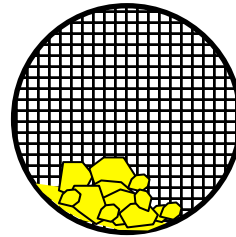


Masa del tambor
con 10 fragmentos
de roca

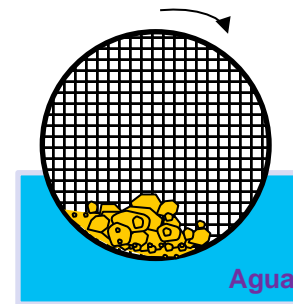


Primer Ciclo
10 minutos

Masa B

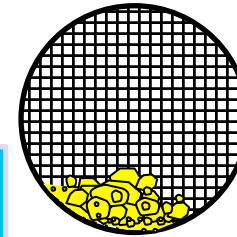


Masa secada en
estufa retenida por
el tambor tras el
primer ciclo



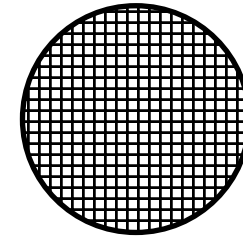
Segundo ciclo
10 minutos

Masa C



Masa secada en
estufa retenida por
el tambor tras el
segundo ciclo

Masa D



Masa del tambor
vacío

Los índices de durabilidad correspondientes al primer (Id_1) y segundo ciclo (Id_2) se calculan como:

$$Id_1 = \frac{B - D}{A - D}$$

$$Id_2 = \frac{C - D}{A - D}$$

El índice de durabilidad (Id) de los diferentes ciclos se obtiene a partir de las masas secas determinadas antes y después de cada ciclo.





Profesores

Roberto Tomás Jover (Coordinador UA)

Miguel Cano González (UA)

Javier García Barba (UA)

Juan Carlos Santamarta Cerezal (Coordinador ULL)

Luis Enrique Hernández Gutiérrez (ULL)

Edición y Montaje

Rubén Carlos Zamora Mozo (UA)

Técnico

Victoriano Rodrigo Ramírez (UA)



**GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)**

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





COMO CITAR ESTE MATERIAL:

Tomás, R., Cano, M., García-Barba, J., Santamarta, J.C., Hernández, L.E., Rodríguez, J.A., Zamora, R. (2013). Prácticas de Ingeniería del Terreno. Universidades de Alicante y de La Laguna. <http://web.ua.es/es/ginter/> ó <http://ocw.ull.es/> (fecha de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.

<http://web.ua.es/es/ginter/>

<http://ocw.ull.es/>

<http://web.ua.es/es/interes/interes-ingenieria-del-terreno-y-sus-estructuras.html>

<http://webpages.ull.es/users/jcsanta/>



GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





Ensayo de compresión triaxial en rocas

Determinación de la resistencia al corte de rocas.



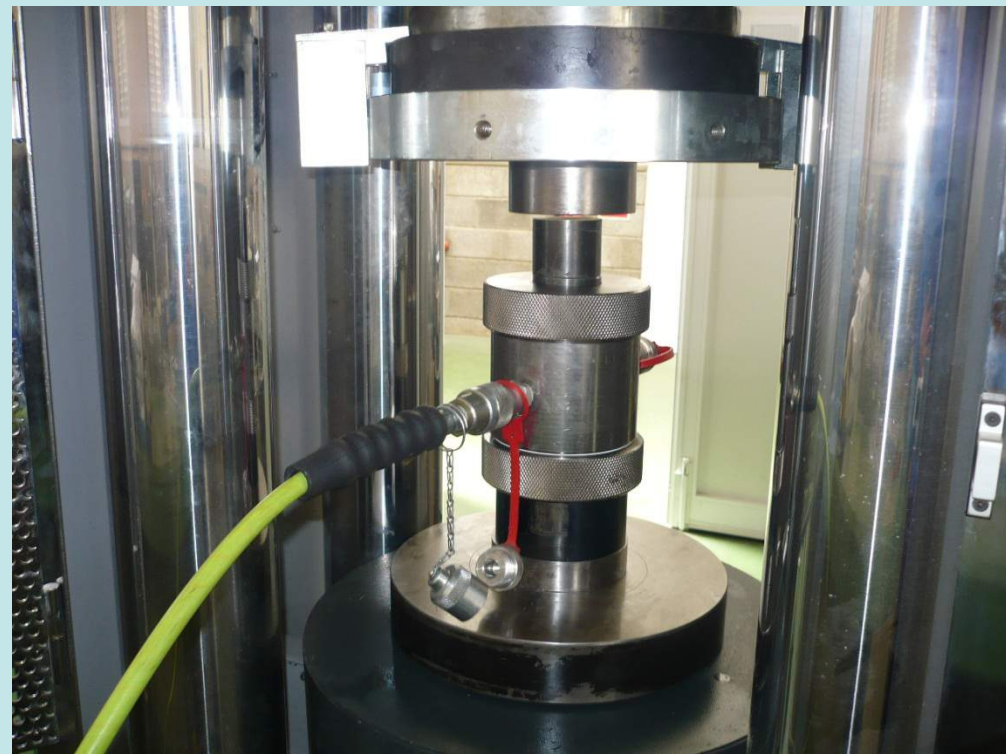
Realización: Grupos GInTE / Ingenia / Interes

UNE 22-950-90 Parte 4
(Ensayo tipo 1)



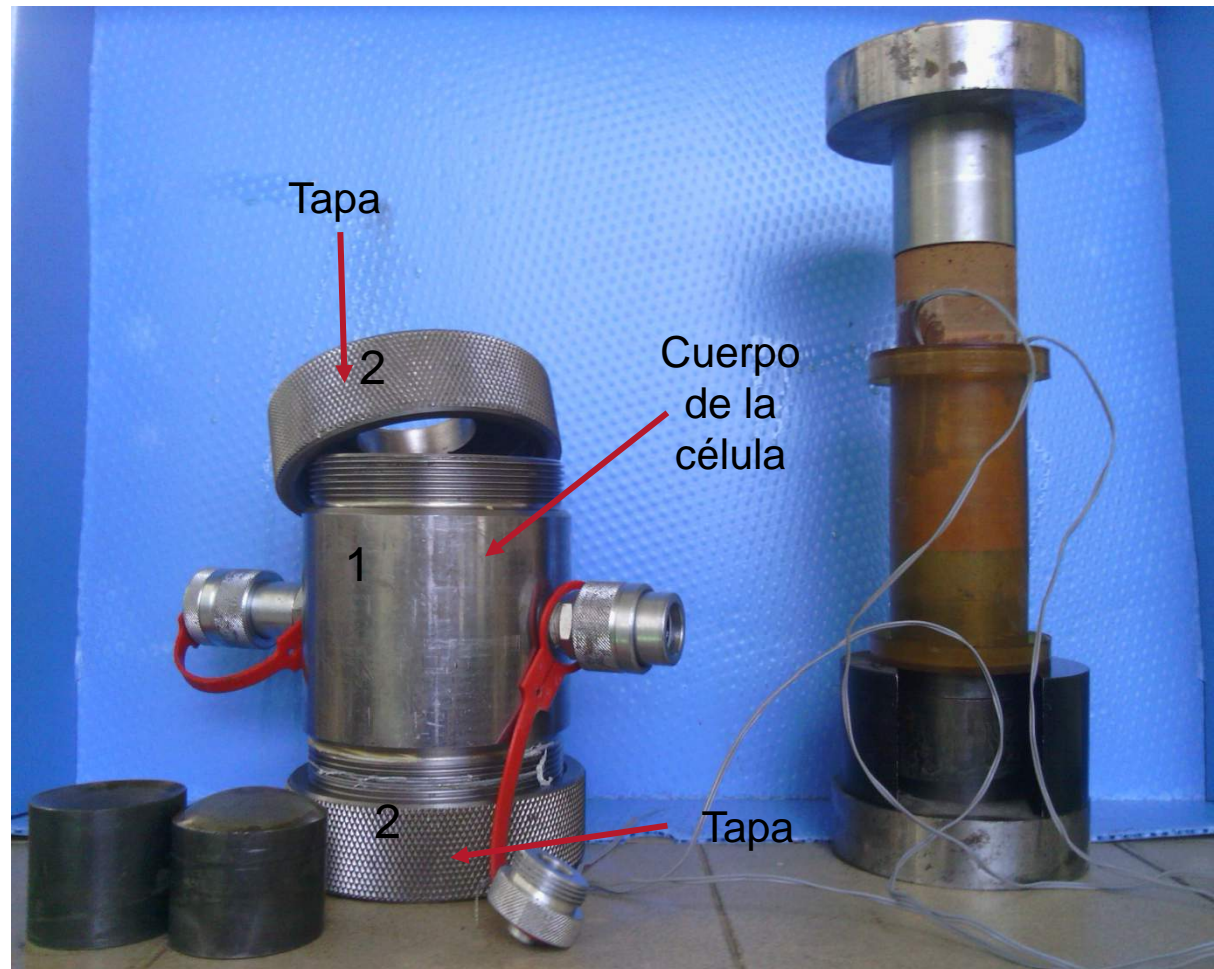


Descripción de la cámara triaxial (célula de Hoek)





El cuerpo de la célula (1), con dos conexiones rápidas auto sellantes, para la presión de la célula, y para la salida del aire y la saturación de la célula respectivamente. Dos tapas (2), atornilladas al cuerpo cilíndrico de la célula.





Tapas de carga superior (3) e inferior (4) con acoplamiento esférico.

Dos asientos esféricos hembra (5) conectados a las tapas de carga (3 y 4) para la transmisión correcta de la carga. Un manguito de goma (6) para separar la muestra del fluido de la célula. Aunque cada manguito puede utilizarse para varios ensayos, se recomienda manguitos de recambio.





Las mediciones de la deformación radial y axial se realizan mediante bandas extensométricas pegadas directamente a la superficie lateral de la muestra (7). El cableado pasa por el interior del manguito de goma. Todas las galgas o bandas extensométricas deberán conectarse a un dispositivo eléctrico adecuado (transductor)





Dimensiones de las probetas:

Diámetro: 54,74 mm

Altura: 100 mm

La superficie lateral de la probeta debe ser lisa y estar libre de irregularidades (tolerancias según norma). Las bases deben ser planas y formar un ángulo recto con el eje de la probeta de ensayo. Siempre que sea posible, las condiciones de humedad *in situ* deben preservarse hasta el momento del ensayo.

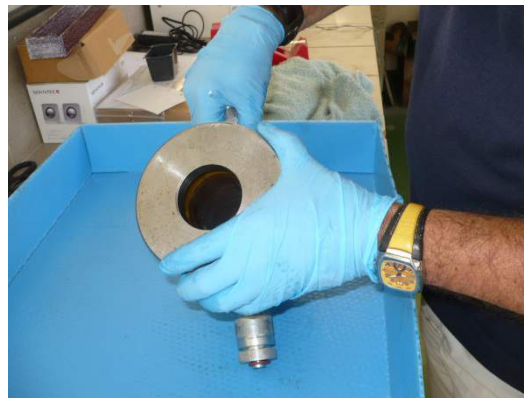




Preparación de la muestra para el ensayo



Inserción
manguito de
goma.



Ensamblaje
de célula.



Drenaje del aire.

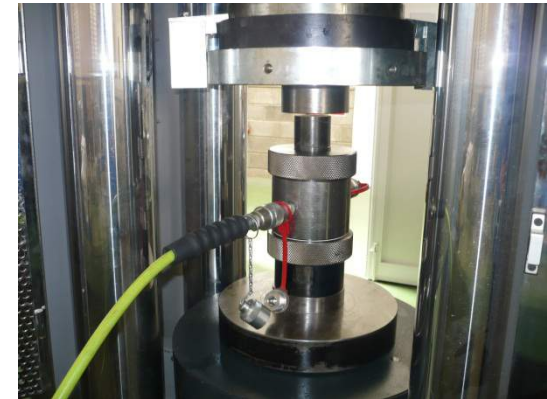




Inserción del
testigo de
roca.



Colocación de
los asientos
esféricos
dentro de la
célula con
aceite.



Inicio del
ensayo
triaxial.

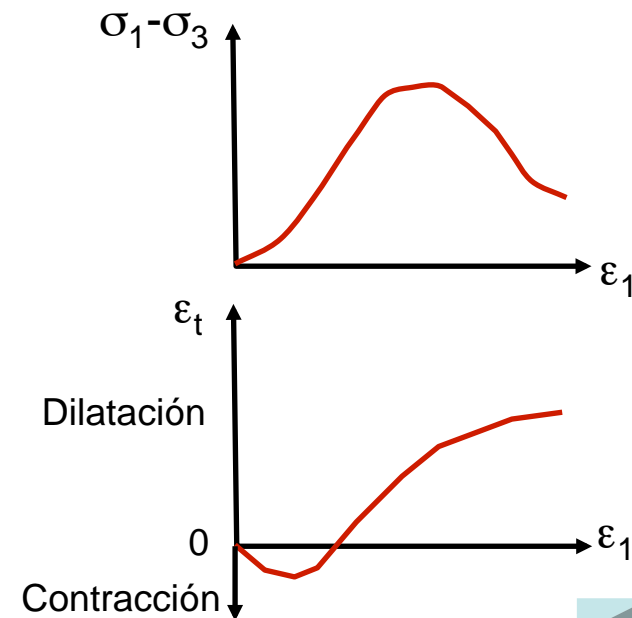
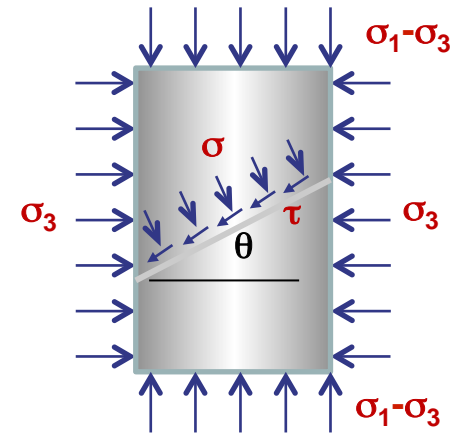




El ensayo triaxial se ejecuta en muestras de rocas contenidas en una membrana de goma que se colocan dentro de una célula triaxial y se someten a una presión confinante isótropa.

Posteriormente se incrementa la carga axial hasta alcanzar la rotura de la probeta, determinando los siguientes datos:

- La carga o el esfuerzo axial (σ_1).
- Las deformaciones axial (ε_1) y transversal (ε_t) de la probeta.
- El ángulo del plano de rotura.
- El ángulo que forma los planos de anisotropía con respecto la carga axial.





Se aplica la carga de compresión sobre la muestra de roca de forma continua, sin choque, de tal forma que la velocidad de deformación sea lo más constante posible, para que la rotura se produzca entre los 5 y 15 minutos de carga. Alternativamente, el ensayo se puede realizar a velocidad de tensión constante, dentro de los límites de 0,5 – 1,0 MPa/s.

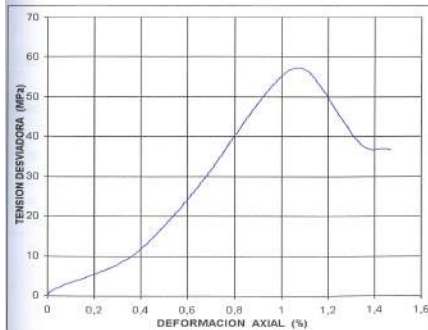
Además, la presión de confinamiento deberá mantenerse constante con una tolerancia de $\pm 2\%$.

Se deben romper de 3 a 5 testigos con distintas presiones de confinamiento.



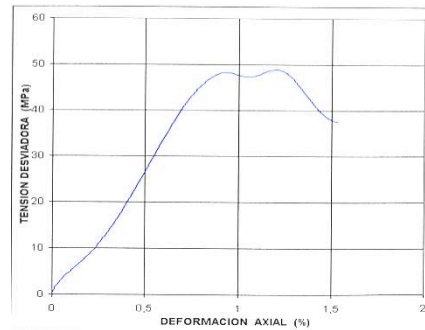


DATOS PROBETA		DATOS ENSAYO	
Diámetro	5 cm	Presión de Confinamiento	2 MPa
Altura	10,49 cm	Desviador rotura	57,3 MPa
Densidad	2,17 gr/cm ³	Deformación rotura	1,1 %



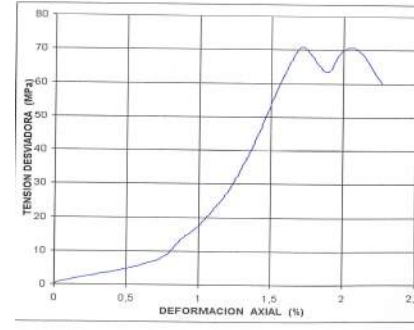
2 MPa de confinamiento

DATOS PROBETA		DATOS ENSAYO	
Diámetro	5 cm	Presión de Confinamiento	3 MPa
Altura	10,6 cm	Desviador rotura	48,28 MPa
Densidad	2,20 gr/cm ³	Deformación rotura	0,9 %



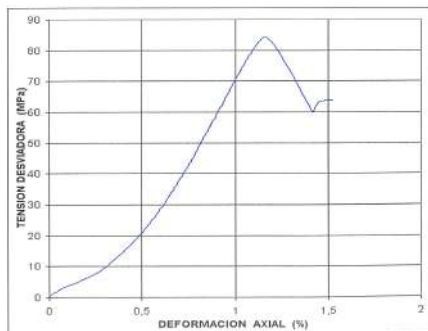
3 MPa de confinamiento

DATOS PROBETA		DATOS ENSAYO	
Diámetro	5 cm	Presión de Confinamiento	5 MPa
Altura	10,5 cm	Desviador rotura	70,63 MPa
Densidad	2,22 gr/cm ³	Deformación rotura	1,7 %



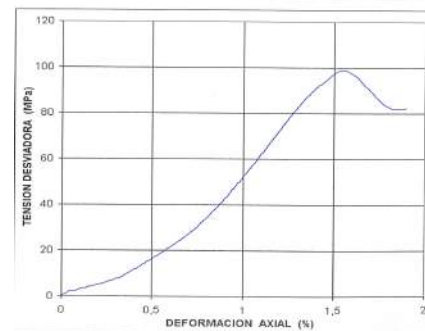
5 MPa de confinamiento

DATOS PROBETA		DATOS ENSAYO	
Diámetro	5 cm	Presión de Confinamiento	7 MPa
Altura	10,5 cm	Desviador rotura	83,86 MPa
Densidad	2,10 gr/cm ³	Deformación rotura	1,2 %



7 MPa de confinamiento

DATOS PROBETA		DATOS ENSAYO	
Diámetro	5 cm	Presión de Confinamiento	10 MPa
Altura	10,55 cm	Desviador rotura	98,7 MPa
Densidad	2,21 gr/cm ³	Deformación rotura	1,6 %



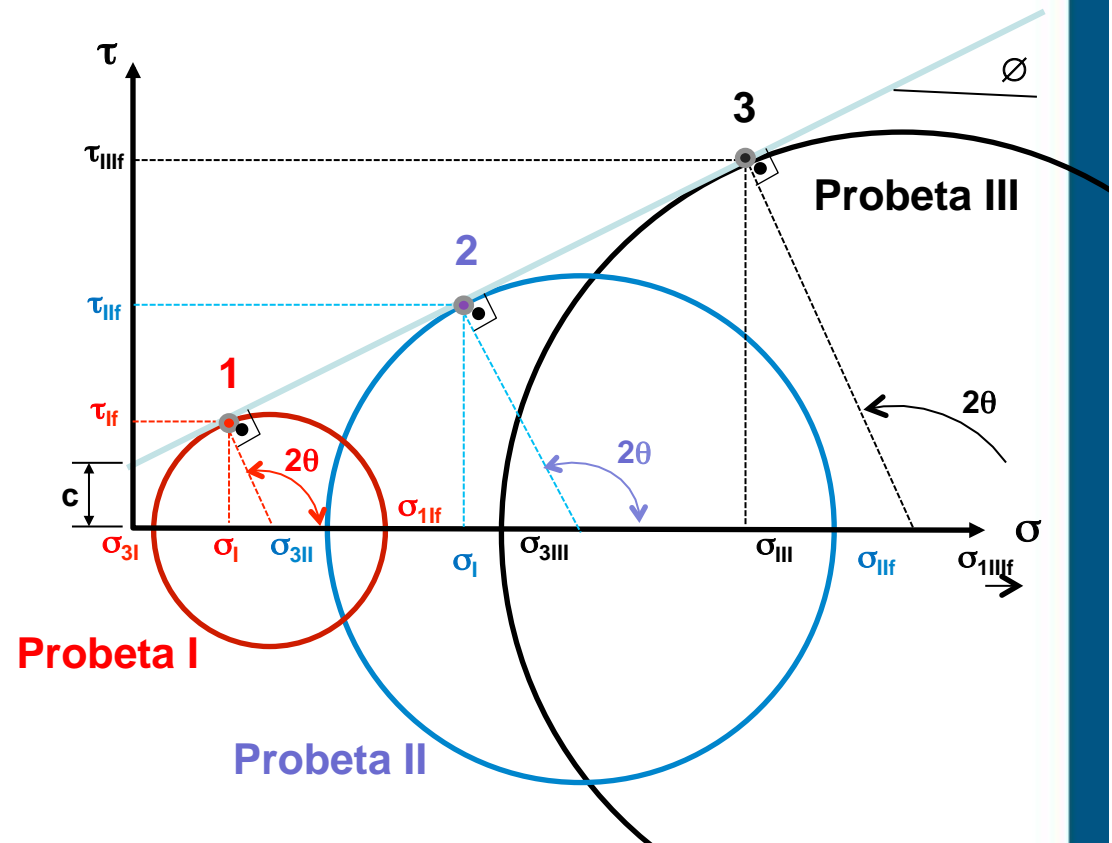
10 MPa de confinamiento

Gráficos de rotura triaxial de cinco testigos de la misma roca con distintas presiones de confinamiento





A partir de las tensiones en rotura de las diferentes probetas ensayadas podemos dibujar los círculos de Mohr, que representan el estado tensional de cada probeta en rotura, y determinar su envolvente de rotura que nos proporcionará el ángulo de rozamiento y la cohesión de la roca.





Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



Universidad
de La Laguna



Profesores

Luis Enrique Hernández Gutiérrez (Gobierno de Canarias)

Juan Carlos Santamarta Cerezal (Coordinador ULL)

Roberto Tomás Jover (Coordinador UA)

Miguel Cano González (UA)

Javier García Barba (UA)

Edición y Montaje

Isidoro E. Cantero Mesa (Gobierno de Canarias)

Técnico

Isidoro E. Cantero Mesa (Gobierno de Canarias)



**GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)**

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





COMO CITAR ESTE MATERIAL:

Hernández-Gutiérrez, L.E., Santamarta, J.C., Tomás, R., Cano, M., García-Barba, J., Cantero-Mesa, I.E. (2013). Prácticas de Ingeniería del Terreno. Universidades de Alicante y de La Laguna. <http://web.ua.es/es/ginter/> ó <http://ocw.ull.es/> (fecha de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.

<http://web.ua.es/es/ginter/>

<http://ocw.ull.es/>

<http://web.ua.es/es/interes/interes-ingenieria-del-terreno-y-sus-estructuras.html>

<http://webpages.ull.es/users/jcsanta/>



GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





Velocidad sónica en rocas

Determinación de la velocidad de propagación de ondas elásticas en rocas



Realización: Grupos GInTE / Ingenia / Interes **ISRM Suggested Method, 1978**





Las probetas se suelen preparar a partir de los testigos de sondeos de investigación.

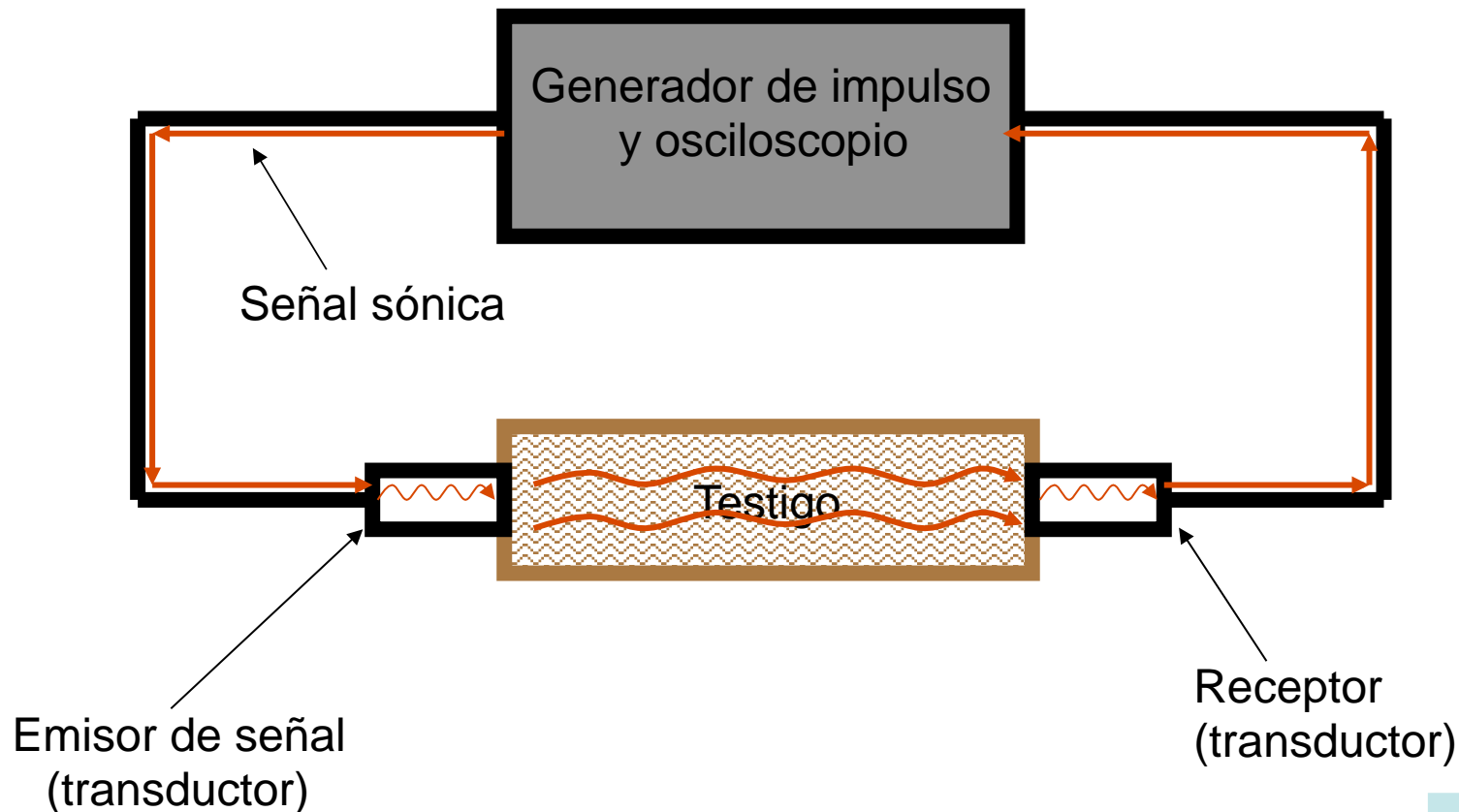


También se pueden extraer bloques de roca de afloramientos y obtener de ellos probetas cilíndricas mediante una sonda en el laboratorio. Estos bloques deben extraerse prescindiendo de voladuras, para evitar posibles errores en los resultados de los ensayos, debido a las tensiones generadas en la explosión.





Esta prueba está diseñada como un método para determinar la velocidad de propagación de ondas elásticas en las rocas con el impulso ultrasónico





Debemos medir con precisión la longitud de la probeta (d).

El ensayo será más representativo cuantos mas testigos de la misma roca se puedan ensayar.





Se impregnan las caras de la probeta, donde se colocarán los traductores, con gel, para permitir una mejor transmisión de ondas.





El procedimiento consiste en colocar los transductores a ambos lados de la probeta y generar un impulso sónico por un transductor (emisor) y recibir la señal que viaja a trabes de la probeta por el otro (receptor).



También se pueden realizar medidas *in situ*. Al tratarse de un ensayo no destructivo, no deja secuelas en la construcción.





La velocidad de la onda sónica a través de la probeta de roca, se obtiene de dividir la longitud de la probeta (d) y el tiempo (t) de llegada de la onda.

$$V = d / t$$





Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



Universidad
de La Laguna



Profesores

Luis Enrique Hernández Gutiérrez (Gobierno de Canarias)

Juan Carlos Santamarta Cerezal (Coordinador ULL)

Roberto Tomás Jover (Coordinador UA)

Miguel Cano González (UA)

Javier García Barba (UA)

Edición y Montaje

Isidoro E. Cantero Mesa (Gobierno de Canarias)

Técnico

Isidoro E. Cantero Mesa (Gobierno de Canarias)



**GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)**

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





COMO CITAR ESTE MATERIAL:

Hernández-Gutiérrez, L.E., Santamarta, J.C., Tomás, R., Cano, M., García-Barba, J., Cantero-Mesa, I.E. (2013). Prácticas de Ingeniería del Terreno. Universidades de Alicante y de La Laguna. <http://web.ua.es/es/ginter/> ó <http://ocw.ull.es/> (fecha de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.

<http://web.ua.es/es/ginter/>

<http://ocw.ull.es/>

<http://web.ua.es/es/interes/interes-ingenieria-del-terreno-y-sus-estructuras.html>

<http://webpages.ull.es/users/jcsanta/>



GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





3

Otros



Ejecución de un sondeo geotécnico



Realización: Grupos GInTE / Ingenia / Interes





Esta operación, pertenece al grupo de técnicas que permiten el acceso y observación directa al subsuelo, permitiendo a su vez la obtención de muestras de suelos y rocas.

Eventualmente permiten la realización de ensayos "in situ".





EQUIPOS





Varillaje



Batería de
perforación



Caja poratestigos



Tubería de
Revestimiento



Widia



Diamante

Coronas de corte



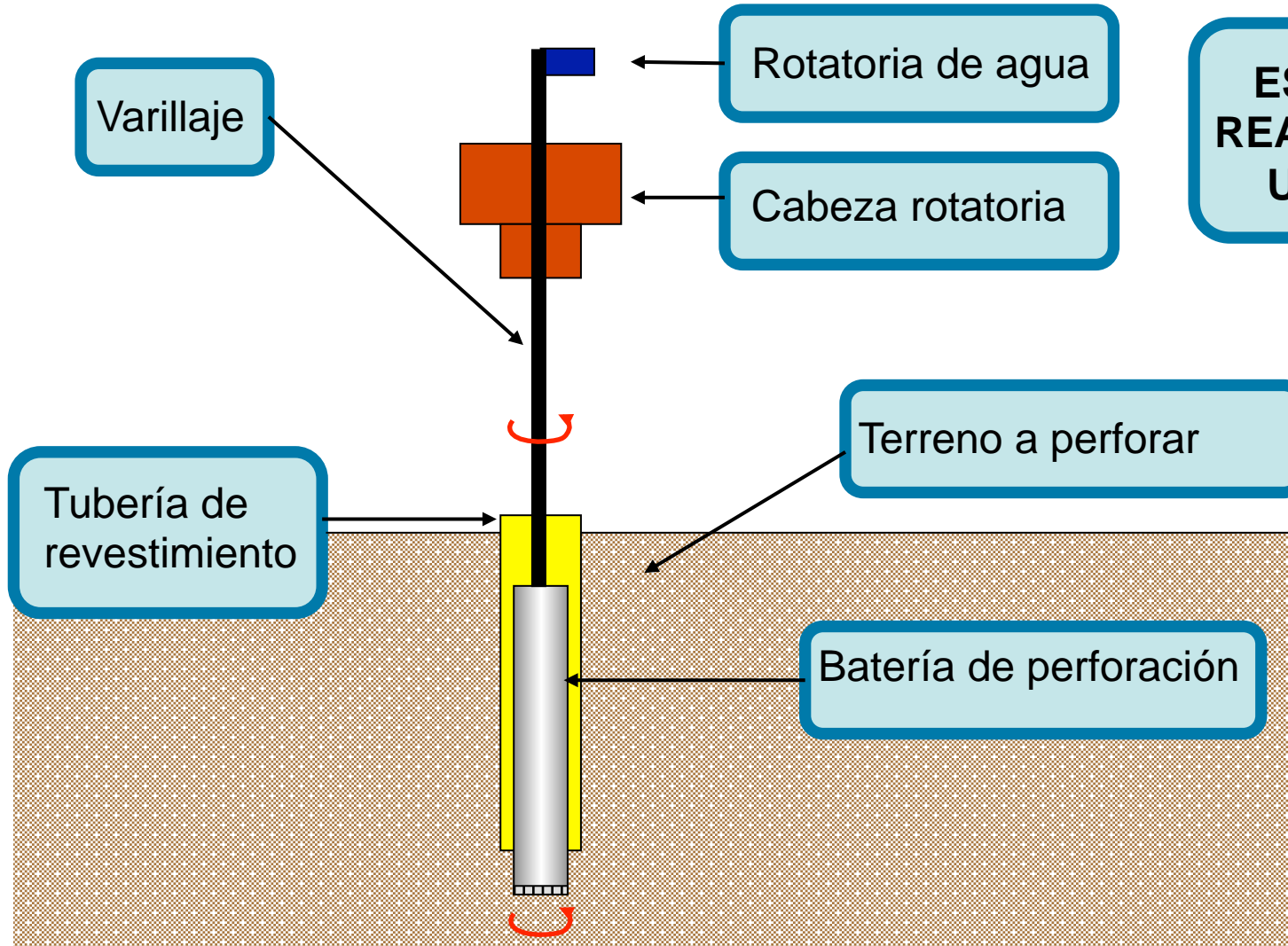
Giratoria de
inyección

Material auxiliar para la realización del sondeo



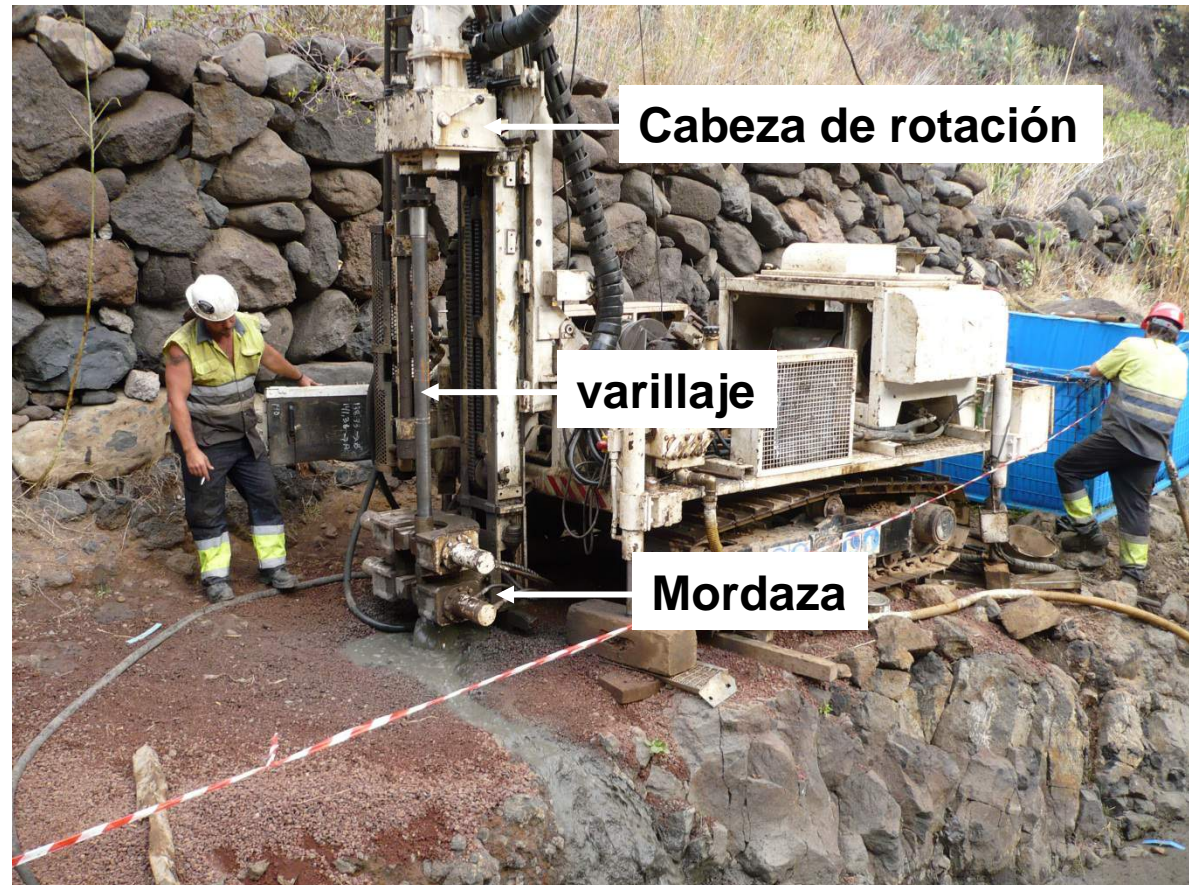


ESQUEMA DE REALIZACIÓN DE UN SONDEO



El varillaje pasa por la cabeza de rotación

El agua debe fluir por la boca del sondeo para extraer los detritus y refrigerar la corona que corta el terreno



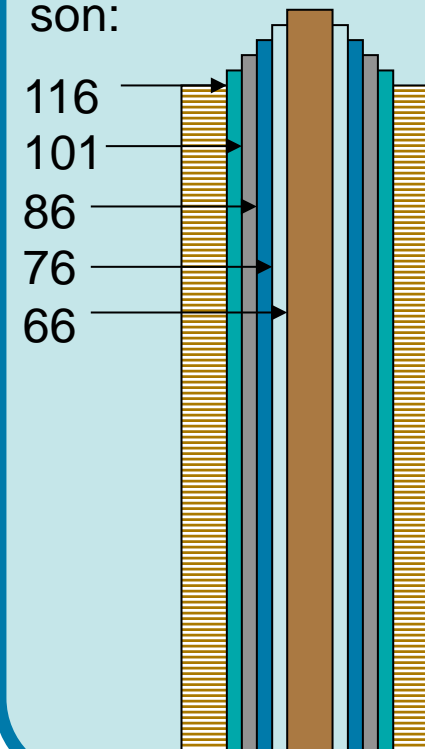


PROCEDIMIENTO OPERATORIO

- Se nivela la sonda en el punto de perforación.
- Es imprescindible contar con suministro de agua continuo durante la realización del sondeo para la evacuación del detritus y refrigeración de la corona de corte.
- Se inicia la perforación con el diámetro mayor de batería de perforación.
- Conforme vaya cambiando el terreno, será necesario entubar para impedir el desprendimiento de las paredes del sondeo.
- Se va reduciendo paulatinamente el diámetro de perforación.



Los diámetros (mm) mas comunes que podemos encontrar son:





Las muestras (testigos de sondeo o núcleos de perforación) se extraen de la batería y se colocan ordenadamente en la caja portatestigos.

La maniobra de sondeo es el proceso de perforación, avance y extracción de la muestra. Las maniobras tendrán, como máximo, la longitud de la batería de perforación, que es el tubo que aloja la muestra en su interior.





Se ha de indicar, con una marca perpendicular al eje de los testigos, el inicio y fin de cada maniobra





Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



Universidad
de La Laguna



Profesores

Luis Enrique Hernández Gutiérrez (Gobierno de Canarias)

Juan Carlos Santamarta Cerezal (Coordinador ULL)

Roberto Tomás Jover (Coordinador UA)

Miguel Cano González (UA)

Javier García Barba (UA)

Edición y Montaje

Isidoro E. Cantero Mesa (Gobierno de Canarias)

Técnico

Isidoro E. Cantero Mesa (Gobierno de Canarias)



**GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)**

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





COMO CITAR ESTE MATERIAL:

Hernández-Gutiérrez, L.E., Santamarta, J.C., Tomás, R., Cano, M., García-Barba, J., Cantero-Mesa, I.E. (2013). Prácticas de Ingeniería del Terreno. Universidades de Alicante y de La Laguna. <http://web.ua.es/es/ginter/> ó <http://ocw.ull.es/> (fecha de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.

<http://web.ua.es/es/ginter/>

<http://ocw.ull.es/>

<http://web.ua.es/es/interes/interes-ingenieria-del-terreno-y-sus-estructuras.html>

<http://webpages.ull.es/users/jcsanta/>



GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





Preparación de láminas delgadas de rocas para estudio petrográfico



Realización: Grupos GInTE / Ingenia / Interes





Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



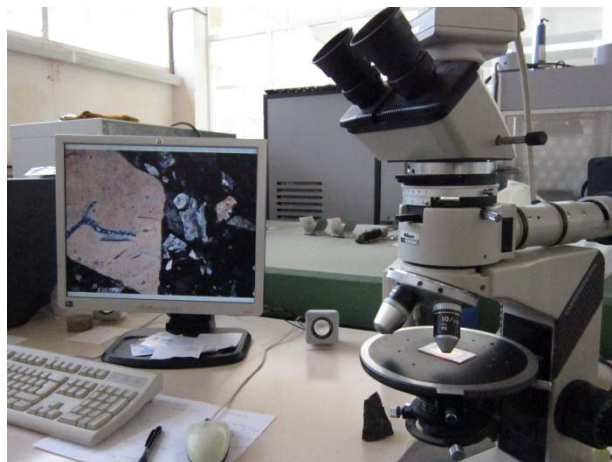
Universidad
de La Laguna



Gobierno de Canarias



**Equipos
a
utilizar**





EQUIPOS

Máquina de
corte y
esmerilado
para muestras
y portas de
vidrio.





EQUIPOS

**Unidad de
impregnación
en vacío con
resina epoxy**





EQUIPOS

**Pulidora
automática
para el
esmerilado y
pulido de
láminas
delgadas**





Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



Universidad
de La Laguna



Gobierno de Canarias

EQUIPOS

Microscopio petrográfico





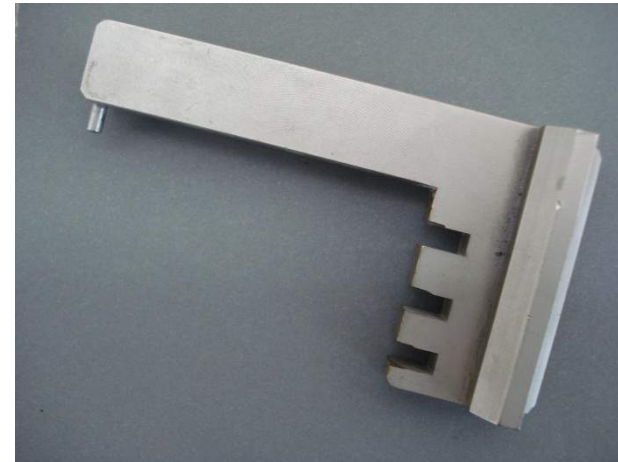
**Procedimiento
operatorio:**

**Cortar la
muestra
con el
disco de
diamante.**



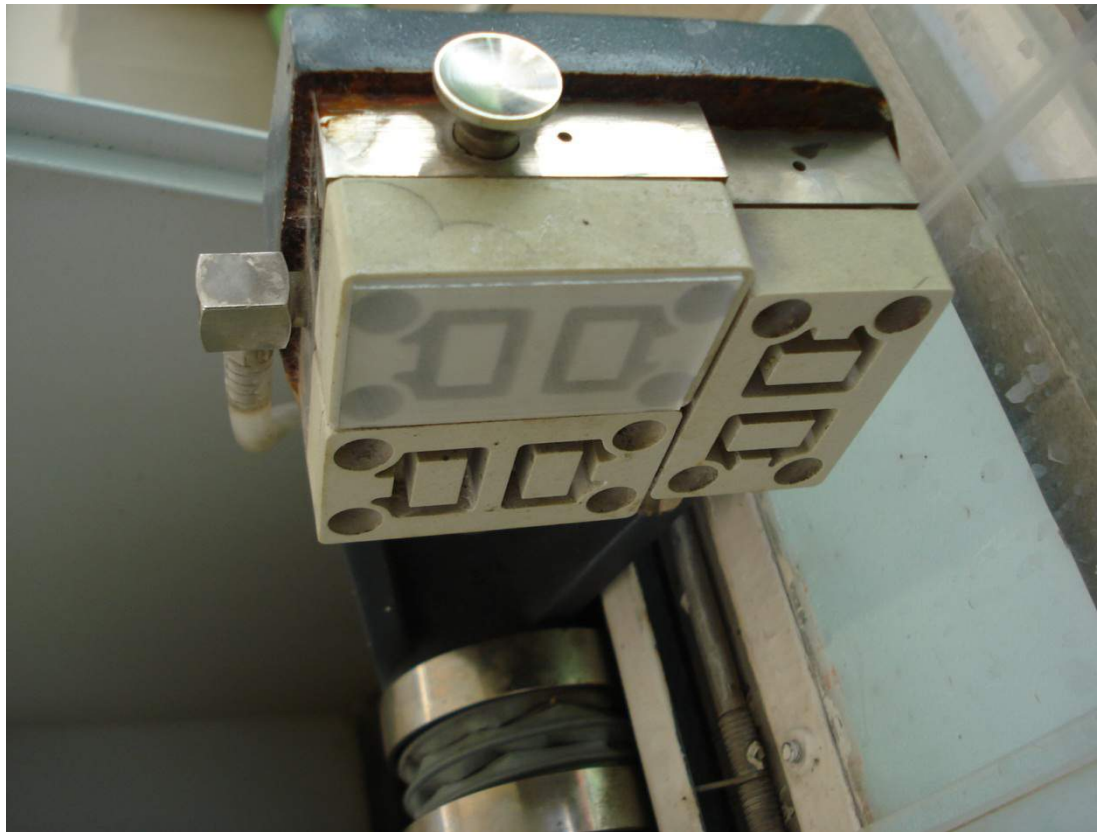


**Usando un soporte
de 3 tamaños ya
predeterminado**



**Cortar la muestra a
tamaño 8 x 20 x 30 mm**





Esmerilar el porta de vidrio hasta planitud.





Lapear una
cara de la
muestra (la
que se va a
pegar al porta
de vidrio).





Para el lapeado
usar polvo de carburo
de silicio, mezclado
con glicerol/agua,
de dos tamaños:

- #220 μm
- #1000 μm





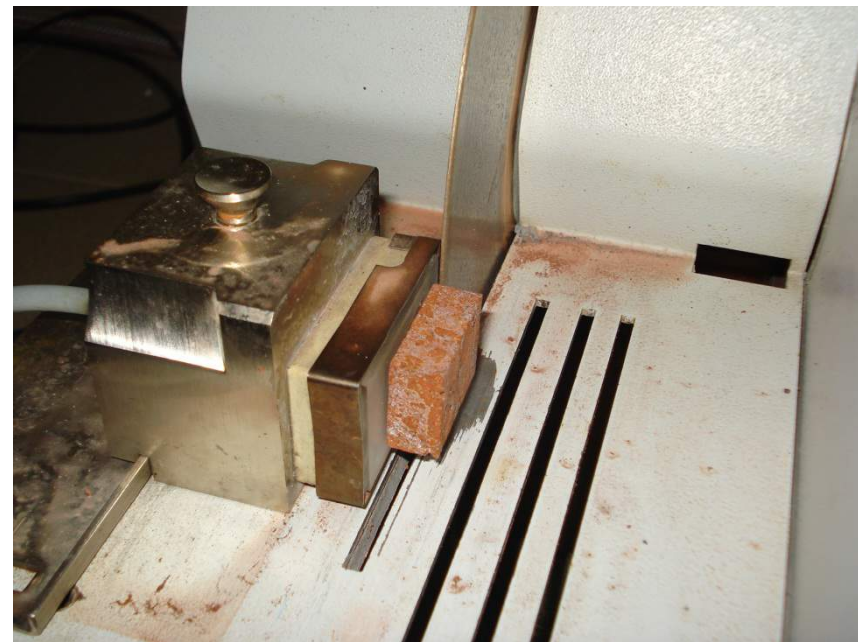
Después del
lapeado, pegar la
muestra al porta de
vidrio, con resina
epoxy o similar .





Después de que la resina ha curado cortar la muestra hasta un espesor de 0,5-1mm.

Para efectuar el corte fijar en el soporte de vacío.



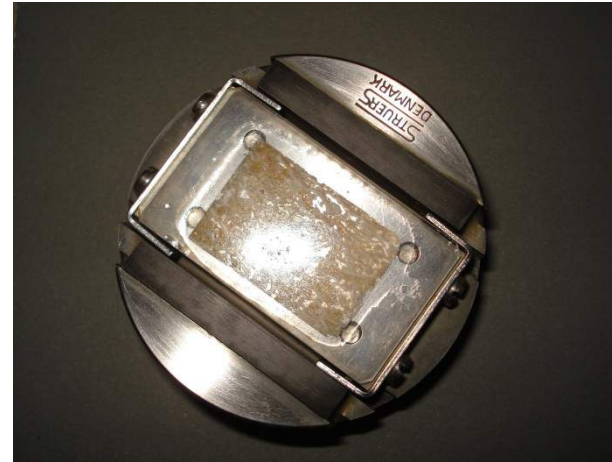


Esmerilar la muestra
con la copa de
diamante hasta un
espesor total de
aproximadamente
80 μm lámina +resina



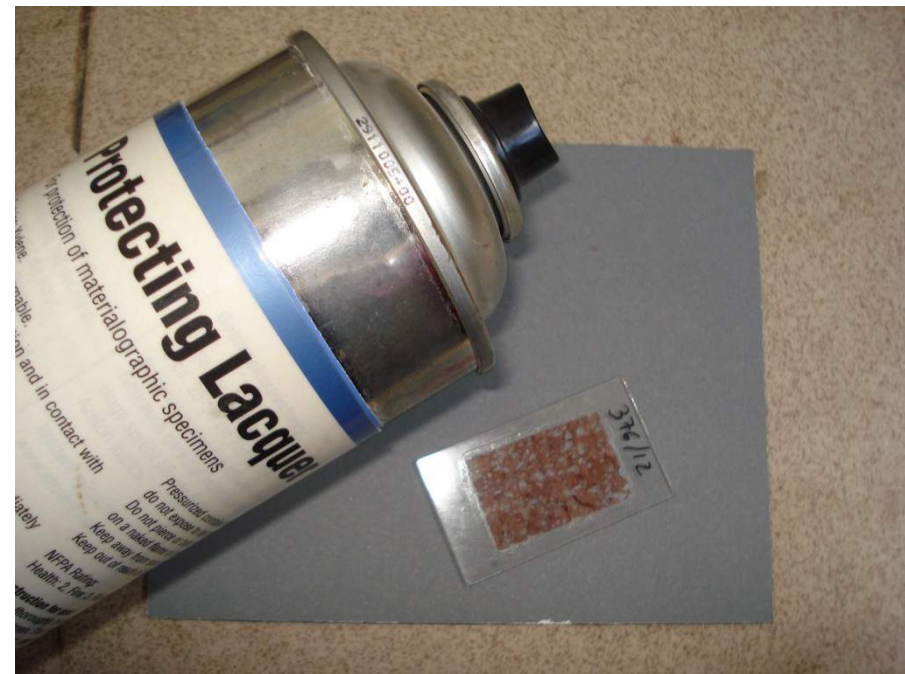


Lapear la muestra con
polvo de carburo de
silicio #1000 μm
hasta el espesor de
lámina delgada
25-30 μm





Al terminar el lapeado
proteger la lámina
con una laca o un
vidrio cubre porta.





Láminas terminadas





Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



Universidad
de La Laguna



Profesores

Luis Enrique Hernández Gutiérrez (Gobierno de Canarias)

Juan Carlos Santamarta Cerezal (Coordinador ULL)

Roberto Tomás Jover (Coordinador UA)

Miguel Cano González (UA)

Javier García Barba (UA)

Edición y Montaje

Alberto Piñero García (Gobierno de Canarias)

Técnico

Alberto Piñero García (Gobierno de Canarias)



**GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)**

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias



INICIO



COMO CITAR ESTE MATERIAL:

Hernández-Gutiérrez, L.E., Santamarta, J.C., Tomás, R., Cano, M., García-Barba, J., Piñero-García, A. (2013). Prácticas de Ingeniería del Terreno. Universidades de Alicante y de La Laguna. <http://web.ua.es/es/ginter/> ó <http://ocw.ull.es/> (fecha de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.

<http://web.ua.es/es/ginter/>

<http://ocw.ull.es/>

<http://web.ua.es/es/interes/interes-ingenieria-del-terreno-y-sus-estructuras.html>

<http://webpages.ull.es/users/jcsanta/>



GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias



INICIO



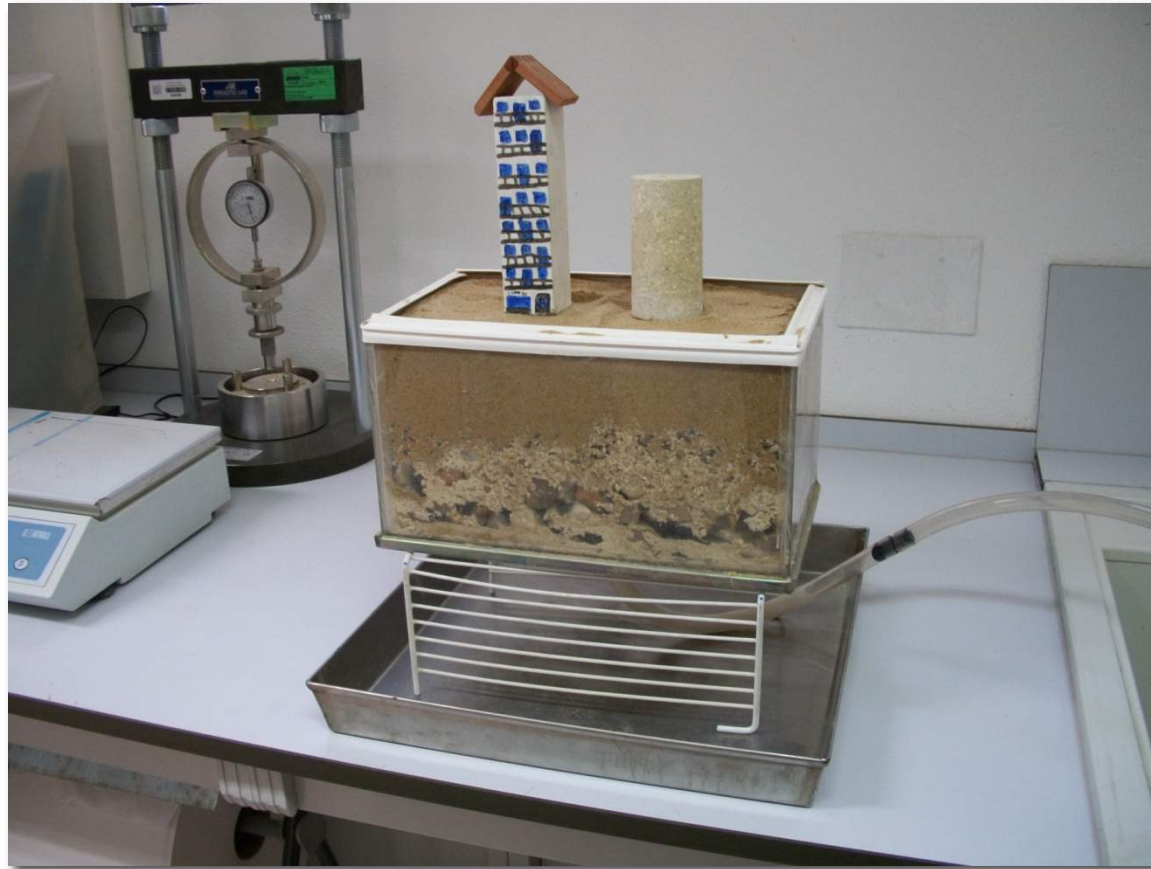
Sifonamiento de arenas

Recreación del sifonamiento de un suelo mediante una maqueta



Realización: Grupos GInTE / Ingenia / Interes





Material:

Maqueta, tubo que conecte el grifo con las arenas y recipiente para recoger el agua



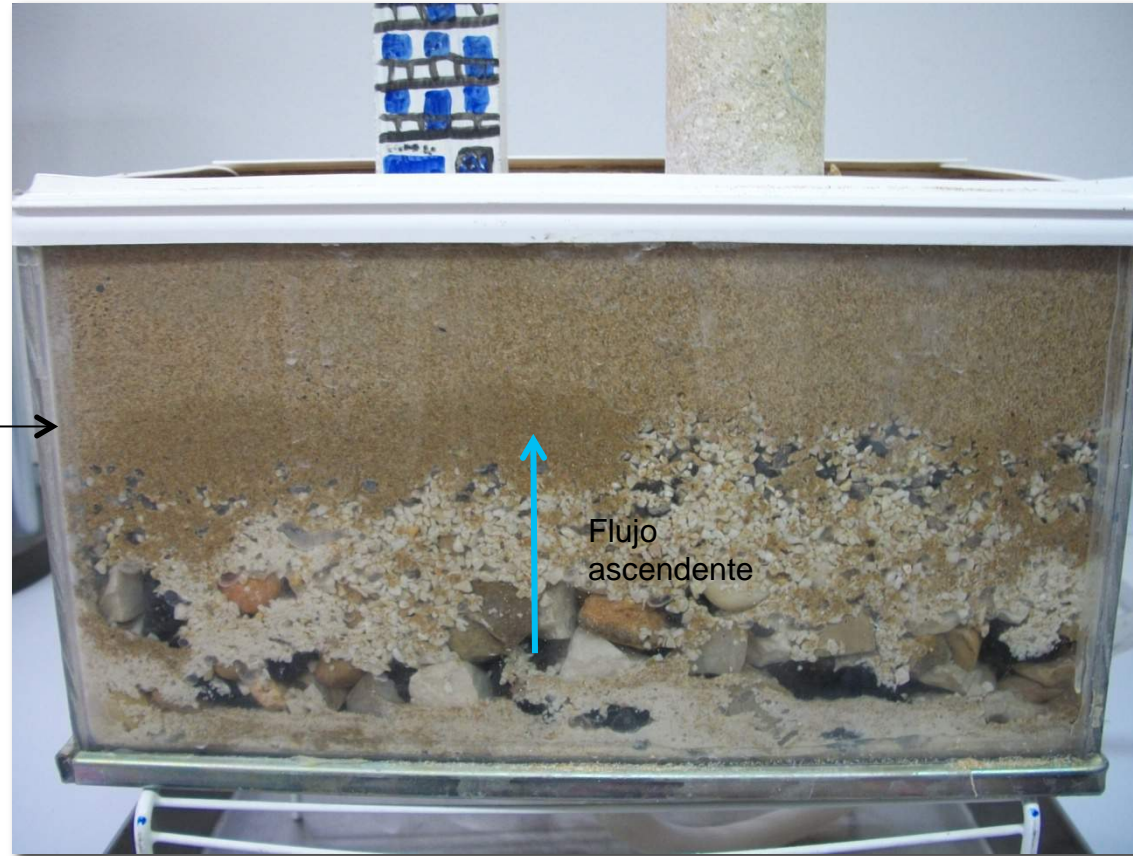


Se abre el grifo del agua para que fluya a velocidad constante creando un flujo ascendente.





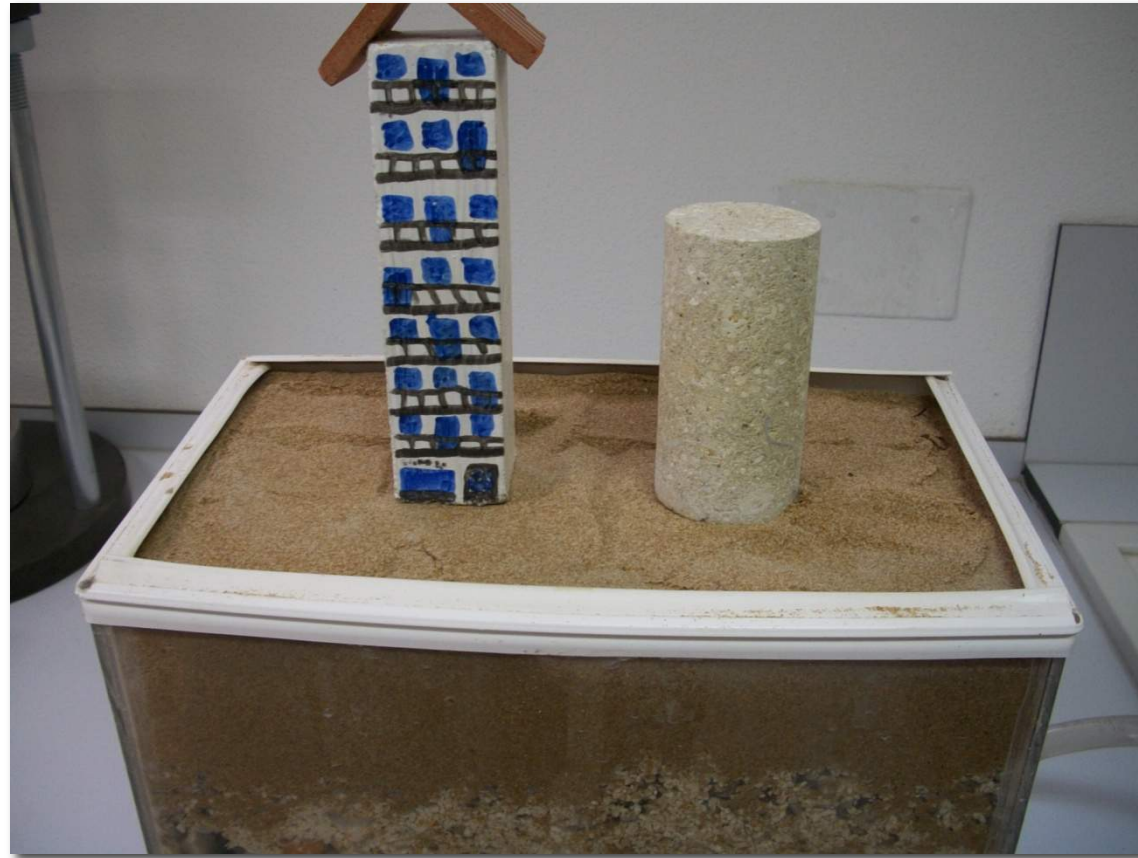
Frente de saturación →



Flujo
ascendente

Observamos la progresión ascendente del frente de saturación,





El frente de saturación llega a la superficie





El flujo alcanza la superficie del terreno.





En aquellos puntos del terreno en los que $\sigma = u$ se produce el sifonamiento de las arenas. El terreno empieza a “ebullir” en zonas localizadas.





El sifonamiento hace que las tensiones efectivas se anulen ($\sigma' = 0$) perdiendo el terreno toda su capacidad de soporte y produciendo el colapso de las estructuras construidas sobre el mismo.





Profesores

Roberto Tomás Jover (Coordinador UA)

Miguel Cano González (UA)

Javier García Barba (UA)

Juan Carlos Santamarta Cerezal (Coordinador ULL)

Luis Enrique Hernández Gutiérrez (ULL)

Edición y Montaje

Rubén Carlos Zamora Mozo (UA)

Técnico

Victoriano Rodrigo Ramírez (UA)



**GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)**

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias





COMO CITAR ESTE MATERIAL:

Tomás, R., Cano, M., García-Barba, J., Santamarta, J.C., Hernández, L.E., Rodríguez, J.A., Zamora, R. (2013). Prácticas de Ingeniería del Terreno. Universidades de Alicante y de La Laguna. <http://web.ua.es/es/ginter/> ó <http://ocw.ull.es/> (fecha de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.

<http://web.ua.es/es/ginter/>

<http://ocw.ull.es/>

<http://web.ua.es/es/interes/interes-ingenieria-del-terreno-y-sus-estructuras.html>

<http://webpages.ull.es/users/jcsanta/>



GITE de Ingeniería del Terreno
(GInTE)

Ingenia

Ingeniería Geológica, Innovación y Aguas

Grupo de Investigación de la Universidad de La Laguna



Gobierno de Canarias



ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE SUELOS Y ROCAS

Este libro ha sido posible mediante la realización de un proyecto de innovación docente denominado “Generación de contenidos digitales en Ingeniería del Terreno: conectando con el mundo profesional” financiado por el Vicerrectorado de Calidad Institucional e Innovación Educativa de la Universidad de La Laguna.

Como citar este material:

Tomás, R., Santamarta, J.C., Cano, M., Hernández-Gutiérrez, L.E., García-Barba, J.(2013).Ensayos geotécnicos de suelos y rocas. Universidades de Alicante y de La Laguna. <http://web.ua.es/es/ginter/> ó <http://ocw.ull.es/> (fecha de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.

EDITA:

Roberto Tomás. Universidad de Alicante
Juan Carlos Santamarta Cerezal. Universidad de La Laguna
Miguel Cano. Universidad de Alicante
Luis Enrique Hernández Gutiérrez. Gobierno de Canarias
Javier García Barba. Universidad de Alicante

DEPÓSITO LEGAL: TF 590-2013
ISBN: 978-846165397-3

1ª Edición: Noviembre 2013
© Los autores, Tenerife, 2013

