

Implementación de un laboratorio virtual de Mecánica de Suelos y de Rocas

R. Tomás, M. Cano, J. García-Barba, R. Zamora

*Departamento de Ingeniería de la Construcción, OO.PP. e Infraestructura urbana
Universidad de Alicante*

RESUMEN

Los ensayos realizados durante las prácticas de laboratorio de Mecánica de Suelos y Rocas (MSyR) de las diferentes asignaturas de Ingeniería Civil e Ingeniería Geológica de la Universidad de Alicante son desarrollados, en un laboratorio 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 trabajo se propone la implementación de un aula virtual, describiendo los recursos tecnológicos puestos a disposición del alumnado, que muestran de forma ordenada y detallada la realización de los diferentes ensayos geotécnicos normalizados que corresponden a las diversas prácticas de laboratorio de MSyR. 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.

Palabras clave: mecánica de suelos y rocas, prácticas de laboratorio, laboratorio virtual, recursos tecnológico-educativos

1. INTRODUCCIÓN

La aparición de tecnologías como Internet proporcionan la posibilidad de realizar prácticas de forma descentralizada, en horarios flexibles y desde localizaciones geográficamente muy dispersas, pudiendo ser incorporadas de forma sencilla a sistemas de *e-learning* (Martínez *et al.*, 2003). Los laboratorios virtuales, cuyo objetivo es el de integrar ordenadores con dispositivos destinados a la realización de experimentos científicos en tiempo real permitiendo a los estudiantes adquirir datos, compartirlos y analizarlos de acuerdo con la práctica en desarrollo tuvieron su inicio en la década de 1980 en Estados Unidos y el Reino Unido (Arévalo y Bulla, 2008).

El Grupo de Innovación Tecnológico-Educativa de Ingeniería del Terreno (GInTE) de la Universidad de Alicante (UA) se planteó el desarrollo de unas prácticas virtuales disponibles en la red que el alumno pudiera reproducir desde su ordenador, con el fin de poder realizar las prácticas de las asignaturas que requieren un laboratorio de mecánica de Mecánica de Suelos y Rocas y que se imparten desde el área de Ingeniería del Terreno de la Universidad de Alicante.

La creación de estas prácticas virtuales vino motivadas fundamentalmente por diversas cuestiones como son:

- La escasez de horas destinadas a la realización de prácticas de laboratorio que únicamente permiten mostrar al alumno los aspectos generales y conceptuales de los ensayos más comunes y/o relevantes.
- Permitir la recuperación de los trabajos de prácticas, dentro de la evaluación continua, a los alumnos que por distintos motivos no hubieran podido llevarlas a cabo en las fechas establecidas inicialmente, dado que la rigidez de los horarios y la asignación a grupos concretos, especialmente en las asignaturas de grado, dificulta enormemente esta recuperación.
- El tamaño de los grupos de prácticas (que en algunos casos superan los 30 alumnos) y la falta de infraestructuras (únicamente se dispone de un laboratorio de Mecánica de Suelos y Rocas) que permitan a los alumnos realizar de forma cómoda las prácticas de laboratorio. Esta situación se agrava al tener que compartir los alumnos el mismo espacio con el personal investigador del área de Ingeniería del Terreno.

- La inexistencia de medios y equipos de medida suficientes (p.ej. Cucharas de Casagrande, talladores, cajas de corte, etc.) que impide que los alumnos puedan preparar y realizar de forma individual y por sí mismos los ensayos.
- Prácticamente todos los ensayos geotécnicos de laboratorio -debido a la necesidad de determinar la humedad por secado en estufa-, presentan una duración mínima de 24h, por lo que es imposible desarrollar íntegramente el ensayo en el laboratorio en una sola sesión. Asimismo, existen diversos ensayos (p.ej. ensayo edométrico, corte directo consolidado y drenado, triaxial consolidado y drenado, etc.) cuya duración es superior a una jornada o, incluso, a una semana.

Los objetivos que se pretenden alcanzar con el desarrollo de las prácticas virtuales son:

- Hacer que puedan poner en práctica los conocimientos geotécnicos adquiridos en la parte teórica de la asignatura.
- Que los alumnos puedan familiarizarse con el instrumental de laboratorio que será empleado para la medida de variables (p.ej. desplazamientos, fuerzas, presiones, etc.).
- Darles a conocer los pormenores de la realización de los ensayos de laboratorio.
- Poder realizar de forma flexible (desde cualquier lugar y en cualquier momento) las prácticas a través de Internet.
- Poder ver de forma completa como se realizan ensayos geotécnicos de larga duración, imposibles de desarrollar durante una práctica convencional de laboratorio.
- Proporcionarles los conocimientos suficientes para poder calcular los parámetros geotécnicos que se derivan de cada ensayo (p.ej. ángulo de rozamiento, coeficiente de consolidación, etc.).

En conclusión, las posibilidades de *e-learning* que nos brindan las nuevas tecnologías para realizar unas prácticas de laboratorio de Mecánica de Suelos y Rocas de forma remota y no presencial, supone una gran ventaja organizativa para el alumno además de contribuir a un eficiente aprendizaje de los procedimientos de ensayo. Por ello, en el presente trabajo se detalla la metodología propuesta para la realización de las prácticas remotas de diferentes asignaturas de Ingeniería del Terreno de la Universidad de Alicante.

2. METODOLOGÍA

La metodología de trabajo propuesta para la realización de las prácticas es la siguiente (Figura 1):

1. El profesor explica durante las clases teóricas los fundamentos de los ensayos, incidiendo en los conceptos generales sin entrar a detallar los procedimientos de obtención de los diferentes parámetros geotécnicos. Por ejemplo, en el ensayo de corte directo se explica la aplicación de una fuerza normal a la probeta de suelo, la medida de la fuerza de corte, de la deformación vertical y el desplazamiento horizontal pero no se explican detalles del ensayo tales como la velocidad de corte, el tipo de placas a emplear en cada modalidad de ensayo o el tallado de la probeta, que sí serán descritos con mayor detalle en las prácticas virtuales. El material empleado para impartir la teoría es proporcionado a los alumnos a través del Campus Virtual. Este material junto con las propias prácticas virtuales le permitirán al alumno resolver las prácticas de laboratorio planteadas.
2. El alumno se descargará los datos correspondientes a las prácticas a realizar. Estos datos consistirán en los resultados de un ensayo real (p.ej. valores de desplazamiento horizontal, fuerza tangencial, fuerza normal aplicada, dimensiones de la probeta ensayada, etc.) que deberán ser analizados por el alumno para calcular los parámetros geotécnicos necesarios (p.ej. el ángulo de rozamiento y la cohesión del suelo ensayado).

3. El alumno realizará las prácticas por su cuenta, en el momento más adecuado según su planificación personal, dentro de los plazos establecidos y desde cualquier equipo con conexión a Internet, pudiéndolas descargar en formato de película o de *Adobe Flash Player* así como repetirlas cuantas veces lo desee. El material estará accesible para los alumnos a través del *Campus Virtual*.
4. El alumno, una vez realizadas las prácticas virtuales de laboratorio en las que se explican los procedimientos de ejecución del ensayo y de cálculo de resultados, de forma individual resolverá las prácticas planteadas (ver apartado 2) y entregará al profesor una memoria con los resultados de la práctica a través de *Campus Virtual* y dentro del plazo establecido, en la que se detallarán los cálculos realizados y los parámetros obtenidos. La práctica será corregida y calificada por el profesor, pasando a formar parte dicha calificación de la evaluación global de la asignatura. Asimismo, con el fin de asegurar que la realización de las prácticas se ha realizado de forma individual y que el alumno ha asimilado los conceptos básicos, en los exámenes finales, el profesor podrá realizar preguntas relacionadas con los procedimientos de ensayo y cálculo desarrollados en estas prácticas.

Las diferentes prácticas preparadas para implementar la metodología propuesta se han preparado empleando el programa comercial *PowerPoint* con diversas animaciones y aclaraciones para posteriormente ser convertidas a *Adobe Flash Player* a través del programa informático *Adobe Captivate*, con el fin de convertirlo en un fichero no editable que a su vez permita conservar y añadir animaciones. Asimismo, algunas de estas animaciones se han pasado a formato de película (*.wmv*), para poder ser incorporados a la herramienta desarrollada íntegramente desde el Servicio de Informática de la Universidad de Alicante que permite canalizar todos los procesos que intervienen en el ciclo de vida de un material multimedia (carga, codificación, asignación de metadatos, publicación en portales y repositorios de la Universidad de Alicante) para ser consultado en Internet. Todo el material creado dispone de su correspondiente licencia *Creative Commons*.

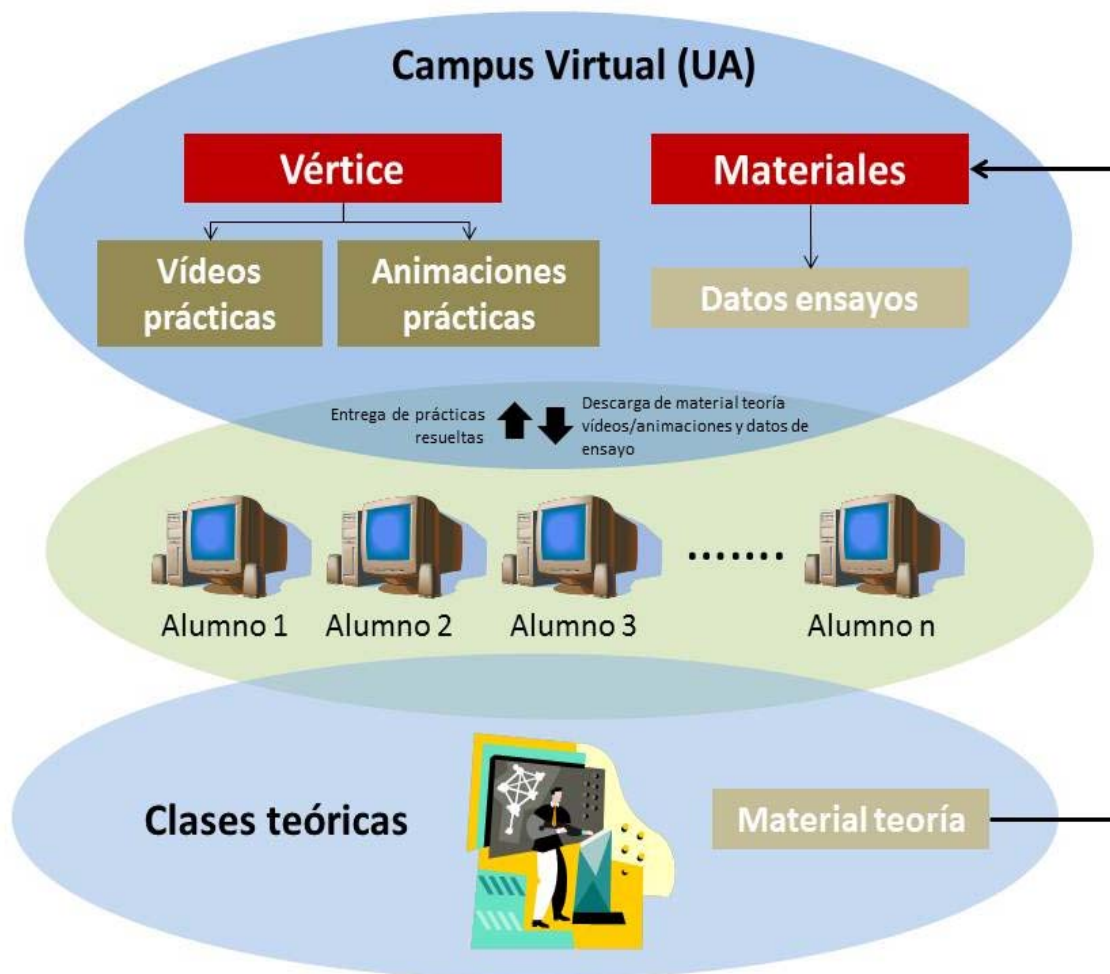


Figura 1. Metodología de realización de las prácticas virtuales.

La estructura de las prácticas de laboratorio virtuales es la siguiente:

- La **portada** (Figura 2) en la que en esencia se indica el título simplificado y completo del ensayo (parte central superior) así como la referencia a la norma UNE, NLT u otra (esquina inferior derecha).



Figura 2. Portada de la práctica de laboratorio correspondiente al ensayo triaxial.

- El **material** necesario para la realización de la práctica. En este apartado se enumera y se muestran los diferentes elementos y equipos utilizados en la realización del ensayo atendiendo a la nomenclatura de la propia norma de ensayo (Figura 3).

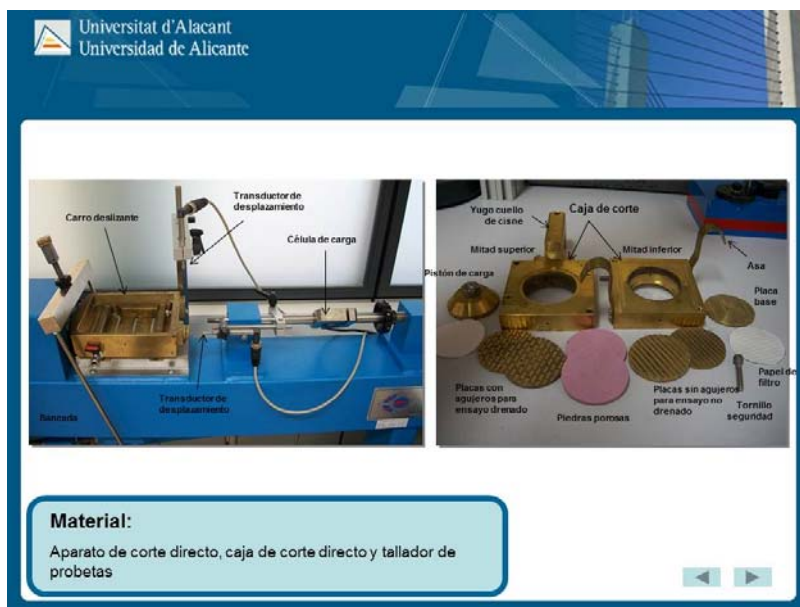


Figura 3. Apartado de las prácticas de laboratorio en el que se muestra el material necesario para la realización del ensayo de corte directo.

- El **procedimiento de ensayo** descrito paso a paso atendiendo a la norma de referencia (Figura 4). Dentro de este apartado se incluyen, cuando se considera necesario, esquemas conceptuales que permitan al alumno entender los fundamentos del ensayo. La descripción del procedimiento de ensayo va acompañada de diversas aclaraciones, anotaciones, elementos dinámicos e incluso vídeos que faciliten la comprensión de cada uno de los pasos a realizar durante la ejecución de los ensayos.



Figura 4. Secuencia parcial del procedimiento de determinación del límite líquido de un suelo por el procedimiento de la cuchara de Casagrande.

- El **procedimiento de cálculo de parámetros geotécnicos** (Figura 5) según la normativa empleada, con ejemplos de resultados obtenidos al ensayar suelos reales e indicación de los parámetros y datos que han de incluirse en las actas de ensayo normalizadas.

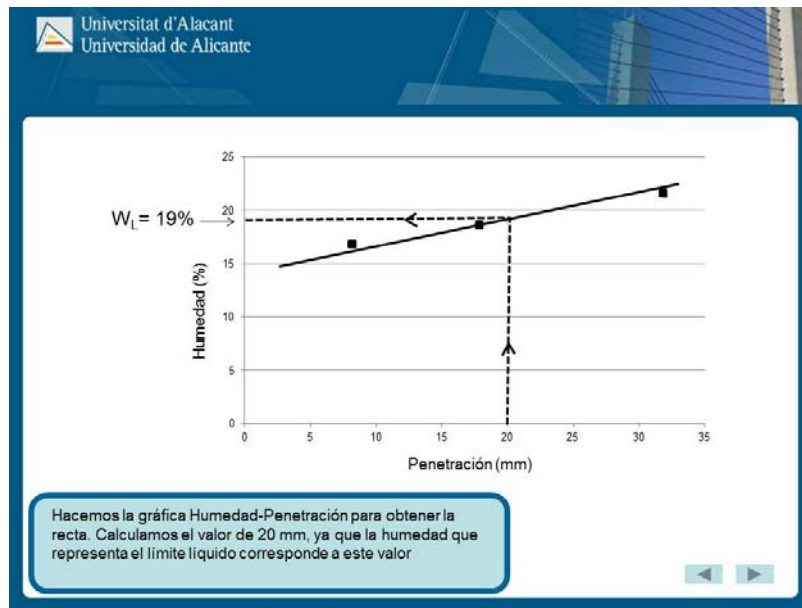


Figura 5. Apartado de cálculo parámetros geotécnicos. Determinación del límite líquido por el método del penetrómetro del cono.

3. RESULTADOS PREVISTOS

La metodología propuesta será implantada a partir del próximo curso académico en las asignaturas del área de conocimiento de Ingeniería del Terreno impartidas en los cursos de Grado, Máster y planes de estudio a extinguir en las que se estudian los diferentes conceptos geotécnicos tratados en las propias prácticas.

En la primera fase de implantación, que tendrá lugar el próximo curso, se comenzará por los ensayos de mecánica de suelos más comunes de los que ya se dispone de las prácticas correspondientes (Tabla 1).

El laboratorio virtual contendrá, además de las prácticas normalizadas, otras cuyo objetivo es el de entender fenómenos geotécnicos tales como el sifonamiento o la licuefacción del terreno, a través de sencillos experimentos que serán incluidos entre el material del laboratorio virtual al que tendrá acceso el alumno.

En cursos sucesivos, se pretende ir completando el listado de prácticas normalizadas y experimentos geotécnicos, especialmente en lo que a Mecánica de Rocas se refiere. En este sentido, cabe destacar que la infraestructura necesaria para la realización de determinados ensayos en roca (p.ej. corte directo en roca, triaxial en roca, etc.) no está disponible en la Universidad de Alicante, por lo que se establecerán contactos con otros centros de investigación y/o docencia que dispongan de los equipos adecuados con el fin de poder completar la colección de prácticas.

Asimismo, en el futuro, se pretende incluir un laboratorio virtual de ensayos *in situ*, para lo cual será fundamental contar con la ayuda de empresas especializadas del sector que dispongan de la maquinaria adecuada que nos permita documentar la totalidad de los procesos de ensayo (p.ej. ensayo de penetración estándar, ensayo presiométrico, etc.).

Tabla 1. Prácticas disponibles.

Ensayo		Norma
Suelos		
Ensayos de identificación	Análisis granulométrico de suelos por tamizado	UNE 103-101-95
	Análisis granulométrico de suelos finos por sedimentación. Método del densímetro	UNE 103-102-95
	Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa	UNE 103-300-93
	Determinación de la densidad de un suelo por la Balanza Hidrostática	UNE 103-301-94
	Determinación de la densidad relativa de las partículas de un suelo	UNE 103-302-94
	Determinación del límite líquido de un suelo por el método del aparato de Casagrande	UNE 103-103-94
	Método del penetrómetro de cono	BS-1377
	Determinación del límite plástico de un suelo	UNE 103-104-93
Ensayos de resistencia y deformabilidad	Ensayo de rotura a compresión simple en probetas de suelo	UNE 103-400-93
	Determinación de los parámetros resistentes de una muestra de suelo en la caja de corte directo	UNE 103-401-98
	Ensayo de consolidación unidimensional de un suelo en edómetro	UNE 103-405-94
	Determinación de los parámetros resistentes de una muestra de suelo en el equipo triaxial	UNE 103-402-98
Recreación del fenómeno de sifonamiento de unas arenas		-
Rocas		
Ensayo para la determinación de la resistencia a carga puntual		UNE 22950-5-96
Determinación de la durabilidad al desmoronamiento de rocas blancas		NLT-231/91

4. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se propone una metodología virtual de enseñanza de las prácticas de laboratorio del área de Ingeniería del Terreno de la Universidad de Alicante. La realización individual y remota a través de Internet de las prácticas

propuestas será sin duda alguna una gran ayuda al alumno, dado que le permitirá realizar de forma virtual, a distancia y repetidamente, prácticas de laboratorio a través de equipos específicos permitiéndole aprender y familiarizarse con los equipos de laboratorio, la preparación de muestras, la realización completa de los ensayos (incluso de larga duración) y la interpretación de los resultados. El profesor proporcionará a los alumnos datos de ensayos que deberán ser analizados e interpretados por el alumno con el fin de obtener los parámetros geotécnicos finales. Estas prácticas serán entregadas al profesor para su evaluación y calificación, asegurando además que el alumno ha realizado el trabajo de forma individual mediante la inclusión de preguntas relacionadas con las prácticas en las pruebas de evaluación tradicionales (exámenes).

Aunque el número actual de ensayos y experimentos disponibles es, respectivamente, de doce ensayos normalizados y uno no normalizado en suelos, y de dos ensayos normalizados en rocas, en los próximos cursos se pretenden incorporar al laboratorio virtual un mayor número de ensayos de mecánica de rocas y de mecánica de suelos así como de experimentos geotécnicos que muestren procesos estudiados en la parte teórica de la asignatura. Asimismo, las prácticas se complementarán próximamente con un laboratorio virtual de ensayos *in situ*.

Agradecimientos

El presente trabajo se ha realizado en el marco del Grupo de Innovación Tecnológica-Educativa de Ingeniería del Terreno (GInTE) de la Universidad de Alicante y ha sido parcialmente financiado por la Universidad de Alicante a través de los proyectos GITE-10016-UA, vigrob-157, uausti11-11 y gre09-40 y por la Generalitat Valenciana a través del proyecto gv/2011/044.

5. REFERENCIAS

Martínez, M.L., Félez, J., Romero, G. (2003). WEB3D graphics in the WEBD Project: new trend in a collaborative environment. Int. Workshop on “New WEB technologies for collaborative design, learning and training, Nov. 2003, Turín (Italia).

Arévalo, C.E., Bulla, L.A. (2008). Laboratorios virtuales para el aprendizaje en ingeniería civil a distancia. Instituto de Educación a distancia, I, 73-81.