

Diseño de prácticas de Ingeniería del Terreno

M. Cano González; R. Tomás Jover; J. García Barba; P. Robles Marín; J. I. Pérez Ruiz.

*Departamento de Ingeniería de La Construcción, Obras Públicas e Infraestructura
Urbana (Área de Ingeniería del Terreno). Escuela Politécnica Superior
Universidad de Alicante*

RESUMEN (ABSTRACT)

Con la implantación del nuevo grado de Ingeniería Civil, el área de conocimiento de Ingeniería del Terreno pretende adaptar al EEES todas las nuevas asignaturas que le han sido asignadas y entre ellas la Mecánica del Suelo y de las Rocas. Partiendo de la base de que el cambio en el modelo enseñanza-aprendizaje debe ser radical e integrador entre los contenidos conceptuales y prácticos, el principal objetivo de esta investigación es el desarrollo y mejora de los procedimientos de enseñanza, incidiendo en el valor añadido que presenta el aprendizaje basado en proyectos aplicado a las prácticas en Ingeniería de Terreno.

Palabras clave: aprendizaje, mecánica de suelos, mecánica de rocas, geotecnia, prácticas

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema.

En este trabajo se presenta la memoria de la red denominada “Diseño de prácticas de Ingeniería del Terreno” en la titulación de Graduado en Ingeniería Civil de la Universidad de Alicante, desarrollada dentro de la convocatoria de proyectos realizada por Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) en el presente curso académico 2011-12 en su MODALIDAD II: Redes de Investigación en docencia universitaria de libre conformación-EEES, siendo una red de elaboración de acciones que promuevan prácticas encaminadas al desarrollo de competencias del estudiante.

En este trabajo teórico-práctico se describen los trabajos realizados para la elaboración y experimentación de los materiales curriculares prácticos de la asignatura del área de conocimiento de Ingeniería del Terreno Mecánica del Suelo y de las Rocas adaptándola al EEES, haciendo especial hincapié en el cambio de modelo enseñanza-aprendizaje, y desarrollando la implementación de la metodología del aprendizaje basado en proyectos.

De todas las asignaturas tecnológicas del área de conocimiento de Ingeniería del Terreno: Mecánica del Suelo y de las Rocas, Geotecnia y Cimientos, Construcciones Geotécnicas y Geotecnia Aplicada a las Obras Hidráulicas, la Mecánica del Suelo y de las Rocas es la que presenta mayor carga conceptual, y resulta básica para poder abordar con éxito las aplicaciones de la Geotecnia que representan las otras asignaturas, que tienen una implantación posterior en el tiempo. Asimismo, dado que en el presente curso académico ya se ha implantado esta asignatura, se expone el proceso de implantación y se discute acerca de los resultados obtenidos.

1.2 Revisión de la literatura.

Dado que el título de Graduado en Ingeniería Civil habilita para la profesión regulada de Ingeniero Técnico de Obras Públicas (ITOP), y ésta goza de plenas facultades en sus respectivas especialidades, resulta imprescindible la consulta de Ley 12/1986, de 1 de Abril, sobre la regulación de las atribuciones profesionales de los Arquitectos e Ingenieros Técnicos, modificada por la Ley 33/1992, de 9 de Diciembre.

Cuando se pretende investigar sobre los materiales curriculares, resulta interesante consultar como afrontan la situación las distintas universidades de nuestro país. En este sentido se ha consultado las fichas de las y/o programas de las asignaturas de perfil similar a las que son objeto de este trabajo, de las Escuelas de Ingeniería Civil

de las universidades: Politécnica de Madrid, Politécnica de Valencia, Politécnica de Cataluña, de A Coruña, de Burgos y de Las Palmas.

Por otra parte, en el ámbito de la Ingeniería del Terreno o *Geotechnical Engineering*, según la denominación internacional, se dispone de una serie de bibliografía formativa, no muy extensa, pero de amplio reconocimiento por parte de los profesionales y docentes. Es por ello, que a la hora de segmentar el conocimiento geotécnico se recurra a dichos textos para organizar la docencia de la asignatura que nos ocupa. Entre la bibliografía consultada se encuentran numerosos textos normativos de nuestro país, dentro del ámbito de la Ingeniería Civil: Ministerio de Fomento (D.G.T.), 2009; Puertos del Estado, 2007 y Ministerio de la Vivienda, 2008. Entre los textos puramente docentes, los que más nos han ayudado en el desarrollo de nuestro cometido son los siguientes: Jiménez Salas *et al.*, 1975; Jiménez Salas *et al.*, 1981; Muzás Labad, 2007; González de Vallejo *et al.*, 2005; Smith, 2006; Aysen, 2002; Frank, 1999 y Lancellota, 2008.

Además de los textos de contenido geotécnico también se ha recurrido a otros de contenido docente, empleados en la configuración del diseño curricular de las asignaturas, tales como: Hernández, 1992; Martínez, 1991 y Cano, 2010.

Por último, para la implantación del modelo de enseñanza-aprendizaje basado en proyectos se ha recurrido al material docente entregado en el taller de formación organizado por el Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la Universidad de Alicante (Bará *et al.*, 2010), curso al que asistió el coordinador de la presente red.

1.3 Propósito.

Una diferencia fundamental entre las asignaturas del Grado en Ingeniería Civil con las de los antiguos planes de estudio de Ingeniería Técnica de Obras Públicas y de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos es el aumento de los contenidos prácticos. Las antiguas asignaturas del área de Ingeniería del Terreno tenían una relación entre contenidos teóricos y prácticos de 2/1, pasando ahora a ser de 1/1. En el caso de Mecánica del Suelo y de las Rocas, de los 6 ECTS, 3 son de carácter práctico, y de éstos, 1,5 corresponden a prácticas de laboratorio. Este es un cambio fundamental que justifica la implementación del modelo de enseñanza-aprendizaje basado en proyectos/problemas.

Dado que la asignatura objeto de este trabajo tiene un carácter muy conceptual y que prácticamente no se desprenden aplicaciones prácticas directas de los

conocimientos transmitidos, es una tarea muy compleja el adaptar el 50% de la asignatura a un modelo puramente práctico, sin que quede desconectada del resto de la asignatura.

Es por ello que nuestro propósito fundamental es la elaboración de los materiales curriculares prácticos de la Mecánica del Suelo y de las Rocas adaptándolos al EEES, mediante el cambio del modelo enseñanza-aprendizaje, para lo cual se desarrollo la metodología del aprendizaje basado en problemas, así como su enlace con los contenidos puramente conceptuales de las clases teóricas.

2. DESARROLLO DE LA CUESTIÓN PLANTEADA

2.1 Objetivos

Nuestro objetivo fundamental es la integración de las prácticas de laboratorio de Ingeniería del Terreno en la metodología docente de aprendizaje basado en problemas/proyectos para diseñar un modelo de aprendizaje global en las asignaturas que impartimos en nuestra área de conocimiento y más concretamente en la asignatura Mecánica del Suelo y de las Rocas, por las dificultades que presenta a la hora de acoplar la parte práctica de la asignatura con la parte conceptual. Aprovechando la implantación de los nuevos planos de estudio pretendemos diseñar prácticas que intenten aclarar conceptos fundamentales en nuestra materia, de difícil comprensión para el alumnado si se siguen patrones de aprendizaje tradicionales.

Por otra parte los objetivos que se pretenden alcanzar con el desarrollo de las prácticas son:

- Hacer que puedan poner en práctica los conocimientos geotécnicos adquiridos en la parte teórica de la asignatura, al mismo tiempo que puedan comprender mejor el significado físico de muchos desarrollos teóricos, así como los modelos matemáticos empleados.
- 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.

- 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.).

Además y tangencialmente a los objetivos de esta red, el Grupo de Innovación Tecnológico-Educativa de Ingeniería del Terreno (GInTE) de la Universidad de Alicante (UA) al que pertenecen la mayor parte de los miembros de esta red, se planteó el desarrollo de unas prácticas virtuales disponibles en internet que el alumno pudiera reproducir desde su ordenador, con el fin de poder realizar por su cuenta 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.

La implementación de estas prácticas virtuales permite aumentar los objetivos iniciales previstos para el desarrollo de las prácticas tradicionales, permitiendo a los alumnos:

- 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.

2.2. Método y proceso de investigación.

Los procesos de colaboración han estado basados en la realización y asistencia de todos los miembros de la red a las sesiones de trabajo, en las que quedaban definidos todos los parámetros necesarios para la correcta ejecución del objetivo de la investigación, ajustando los condicionantes que la definan a los objetivos finales. Para ello se han llevado a cabo cuatro reuniones en las que se ha tratado la totalidad de los problemas inherentes al proceso de investigación -esto es, objetivos, forma de materialización de los mismos, resultados e implementación de éstos a fin de mejorar la calidad de la enseñanza y aprendizaje del alumno-, quedando la totalidad del trabajo recogido en la presente memoria según las orientaciones del ICE.

Por una parte se ha diseñado un plan de trabajo con todos los miembros de la red en la que cada uno aporte su visión acerca del problema planteado, que ha dado pie al estudio de la metodología para el diseño de las prácticas de laboratorio adaptado a la metodología docente.

Sin embargo, en esta red, con los criterios generales planteados, se ha creado por cuestiones operativas una “subred” formada por los profesores Miguel Cano y Roberto Tomás, más el técnico de laboratorio (PAS) Victoriano Rodrigo y la alumna Noemí

Planelles, que se ha encargado de plasmar materialmente el diseño de las prácticas a realizar en el presente curso académico.

Por otra parte, la metodología empleada para la confección y desarrollo de la programación de las prácticas de laboratorio de mecánica del Suelo persigue los siguientes objetivos específicos:

- Definición de las capacidades y competencias que adquirirá el alumno tras realizar y superar las prácticas.
- Definición y estructuración del contenido necesario para el logro de dichas capacidades y competencias, ordenado en el tiempo.
- Planteamiento de la metodología docente que se llevará a cabo para la correcta transmisión de los contenidos al alumno y la correcta asimilación por su parte.
- Definición de criterios que permitan evaluar si el alumno ha asimilado dichos contenidos en un grado suficiente como para su capacitación.

Para llevarlos a cabo, nos hemos basado fundamentalmente en el material curricular de Mecánica del Suelo y de las Rocas, plasmado en la ficha de la signatura, desarrollado por el director de la presente red, en la cual se han definido los siguientes aspectos:

- Objetivos generales de la asignatura
- Conocimientos previos
- Carga lectiva global
- Contenidos y estructura de los mismos
- Metodología docente
- Criterios generales de evaluación
- Fuentes de información.

La Mecánica del Suelo y de las Rocas se encuadra en el cuarto semestre de la titulación de Grado en Ingeniería Civil, y es la segunda que se imparte en el área de conocimiento de ingeniería del Terreno. Con ella, se pretende dotar al alumno de conocimientos básicos en mecánica del Suelo y en Mecánica de las Rocas para poder afrontar con éxito las asignaturas de este ámbito de conocimiento en semestres posteriores y que presentan un carácter mucho más aplicado y tecnológico, a saber: Geotecnia y Cimientos, Construcciones Geotécnicas y Geotecnia de Obras Hidráulicas,

las cuales se nutren de los conceptos adquiridos al cursar la asignatura objeto de este trabajo.

Por todo ello el objetivo fundamental de la asignatura es dotar al alumno de conocimientos básicos para poder afrontar con éxito las asignaturas anteriormente citadas.

Los contenidos de la asignatura están estructurados en cinco grandes bloques. Un primer bloque introductorio, en el que se introduce al alumno en la disciplina de la Geotecnia, y se pone de manifiesto la importancia la Mecánica del Suelo y la Mecánica de las Rocas en el ámbito de la ingeniería civil a través de ejemplos que muestren sus campos de aplicación. A continuación en el bloque denominado “propiedades de los suelos”, se hace un repaso a las propiedades de los suelos desde el punto de vista geotécnico, es decir, entendiendo al suelo como el soporte de las actividades humanas. El tercer bloque corresponde a una de las partes en la que tradicionalmente se ha dividido a la Geotecnia y es la Mecánica del Suelo. Ésta es quizás la parte más importante y conceptual de la asignatura en la que se presentan las teorías que gobiernan el comportamiento tenso-deformacional del suelo y de las rocas y la que más quebraderos de cabeza no ha llevado para ligar adecuadamente la parte práctica con la teórica. El cuarto bloque, la Mecánica de las Rocas, que tradicionalmente es la gran olvidada de los planes de estudio en nuestro país, aborda con teorías diferentes la misma problemática que el bloque anterior, es decir el comportamiento tenso-deformacional de las rocas. Por último tenemos un bloque en el que se puede aplicar de una manera práctica gran parte de los conocimientos adquiridos en los bloques anteriores. Se trata del cálculo geotécnico de las cimentaciones.

Por acuerdo entre todos los profesores que impartimos docencia en el Grado en Ingeniería Civil, tanto la metodología docente como la evaluación es muy similar a la empleada en las demás asignaturas del área, con el fin de que el alumno se familiarice con el *modus operandi* de este ámbito de conocimiento.

Con la adaptación de los nuevos títulos universitarios al EEES, el modelo de evaluación tradicional debe cambiar. En la Universidad de Alicante se estable que al menos un 50% de la evaluación del alumno se lleve a cabo de forma continua, siendo el resto de la evaluación realizada mediante un examen final. El departamento de Ingeniería de la Construcción, Obras Públicas e Infraestructura Urbana, al cual pertenece el ámbito de conocimiento de la Ingeniería del Terreno, ha decidió en su momento que en las asignaturas impartidas desde este departamento el porcentaje de

evaluación continua fuese el mínimo exigido por la Universidad de Alicante, es decir, el 50%.

En base a esta decisión los criterios de evaluación establecidos para la asignatura son los siguientes:

a) Evaluación continua:

- Prueba parcial teórico-práctica. Valoración respecto del total de la asignatura: 20%
- Entrega y exposición pública de ejercicios resueltos en grupos de 4 alumnos. la resolución de los ejercicios se inicia en clase, tutorados por el profesor y se completa de forma no presencial. La entrega se realiza en formato digital a través del Campus Virtual y la exposición se lleva a cabo por un miembro del equipo que el profesor escoge en el momento de la prueba, siendo dicha exposición la que califica al conjunto del grupo. La valoración respecto del total de la asignatura es del 20% y la asistencia es obligatoria al menos al 80% de las clases tutoriales.
- Defensa de la memoria de las prácticas realizadas durante el curso en las mismas condiciones que el punto anterior, aunque en esta ocasión la defensa no se hace al final de la signatura, sino práctica a práctica, una vez resuelta completamente de forma no presencial. Valoración respecto del total de la asignatura: 20%, siendo la asistencia obligatoria al menos al 80% de las prácticas.

b) Examen final. Valoración respecto del total de la asignatura: 50%

El sistema de evaluación planteado lleva aparejado que el alumno asume una gran parte de su aprendizaje, por lo que su motivación es primordial. A priori nos resulta preocupante dejar tanta responsabilidad en alumnos tan jóvenes y tan poco acostumbrados a este método de enseñanza, razón por la cual no se ha adoptado un aprendizaje basado en problemas puro. Así con la metodología propuesta el profesor introducirá previamente los conceptos teóricos básicos para que posteriormente sean los propios alumnos los que los lleven a la práctica, ampliándolos, para resolver los problemas planteados, con la tutorización del profesorado. El trabajo se debe realizar obligatoriamente de manera cooperativa en grupos de cuatro estudiantes, compartiendo en esa experiencia de aprendizaje la posibilidad de practicar y desarrollar habilidades de competencias genéricas de carácter transversal y de observar y reflexionar sobre

actitudes y valores que en el método convencional expositivo difícilmente podrían ponerse en acción. En función de los resultados obtenidos, sobre todo analizando la implicación del alumnado, en cursos posteriores iremos reduciendo la parte de la evaluación continua que consiste en una prueba tipo test.

La metodología docente empleada es diferente para la parte práctica de la asignatura (prácticas de problemas y prácticas de laboratorio y campo) y para la parte teórica. Las clases teóricas se resuelven mediante clases magistrales con el apoyo de presentaciones tipo *Power Point*, previamente alojados en el Campus Virtual (CV) y el Repositorio de la Universidad de Alicante (RUA), así como con abundante material adicional disponible en diferentes *webs*, a las cuales se enlaza a través del CV, así como de otros materiales archivados también en CV en diferentes formatos.

Las clases prácticas de problemas, están basadas en métodos de aprendizaje cooperativo, donde el profesor se limita a explicar el procedimiento de resolución de problemas tipo, los cuales están resueltos en la bibliografía recomendada, dedicando el tiempo mínimo necesario para ello. El resto del tiempo presencial se dedica a tutorar a los alumnos en la resolución de ejercicios que se van planteando paulatinamente, a medida que avanzan las explicaciones teóricas. Estos ejercicios, que son diferentes para cada grupo, los resuelven los alumnos en grupos de cuatro, tanto presencialmente como no presencialmente, y son los que les servirán para evaluar esta parte de la asignatura una vez que los defiendan frente a sus compañeros y el profesor.

Respecto de las prácticas de laboratorio, hay que hacer notar en primer lugar que una parte de ellas se desarrollan en el laboratorio y otra en el campo. Esto es así pues dada la baja carga docente de la parte de campo, a la hora de confeccionar el plan de estudios, no se consideró operativo establecer una nueva división en la asignatura. Durante las prácticas de laboratorio el alumno acude al laboratorio de mecánica del suelo y mecánica de rocas y, a partir de un dispositivo previamente montado por los profesores encargados de las prácticas y el técnico de laboratorio, se inicia el ensayo correspondiente, siempre ajustado a la normativa vigente, que previamente se le ha facilitado al estudiante vía CV. Éste toma los datos iniciales del ensayo, interactúa, en la medida de lo posible, con el desarrollo de la práctica, tomando notas de la evolución y por último anota los resultados. Sin embargo, en ocasiones hay ensayos que requieren un tiempo excesivo para poder reproducirlos completamente en un horario cerrado de prácticas o debido al reducido espacio del laboratorio el estudiante interactúa muy poco, muy a nuestro pesar, con el proceso del ensayo. Este aspecto negativo se ha intentado

subsancar con la implementación de un laboratorio virtual de Mecánica del Suelo y de las Rocas, que más adelante comentaremos. En el caso de que el desarrollo del ensayo sea mayor que la duración de la práctica, al alumnado se le hace una simulación acelerada del ensayo y los resultados y datos intermedios se obtienen de una base de datos que el alumno visualiza en la pantalla del ordenador, dado que estos ensayos de larga duración están instrumentados e informatizados. Con el fin de que el alumno pueda realizar la práctica al completo, cada profesor entrega a los diferentes grupos unos datos de partida del ensayo realizado, así como los resultados obtenidos. A partir de esta información los estudiantes, de manera no presencial, se reúnen y obtienen los parámetros geotécnicos que se les solicita.

Tal y como se ha dicho anteriormente, parte de las prácticas se desarrollan en el campo, donde el alumno dedica dos sesiones de 2 horas de duración a la toma de datos geomecánicos de un macizo. La primera parte de la práctica consiste en una introducción que el profesor realiza del proceso a seguir, posteriormente los alumnos comienzan el trabajo de campo asistidos por el profesor de prácticas. Tras las salidas de campo, los alumnos ordenan los datos obtenidos y comienzan a realizar los cálculos necesarios para completar el estudio geomecánico del macizo solicitado, tutorados por un profesor, para después de forma no presencial, terminar el trabajo que habrán de defender.

Además de las prácticas de campo, de los múltiples ensayos que se pueden realizar en nuestro laboratorio, se han planificado aquellas prácticas más significativas para el plan de aprendizaje del alumno, por lo que el plan docente de la parte práctica de la signatura consiste en 7 sesiones de 2 horas cada una y una sesión de 1 hora de duración:

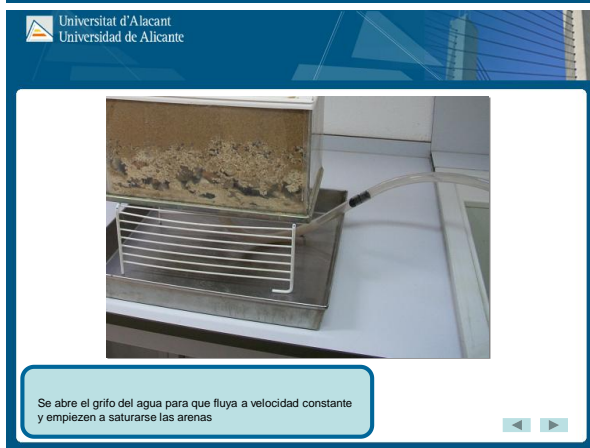
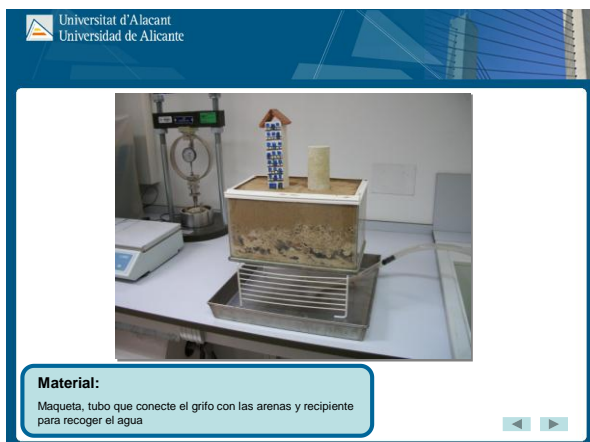
- Sesión 1: Ensayos granulométricos y límites de Atterberg. Se trata de ensayos básicos y necesarios para identificar la estructura de los suelos.
- Sesión 2: Práctica de sifonamiento y ensayo edométrico. Con la práctica de sifonamiento el alumno visualiza un fenómeno cuyo significado físico es difícil de comprender matemáticamente. Por su parte con el ensayo edométrico se simula el proceso de consolidación de un suelo saturado con dos fronteras permeables. Aunque es un ensayo que es imposible de reproducir en esta sesión, pues su duración es de aproximadamente una semana, el estudiante puede seguir el proceso acelerado en la pantalla del ordenador y ver la evolución para los distintos escalones de carga.

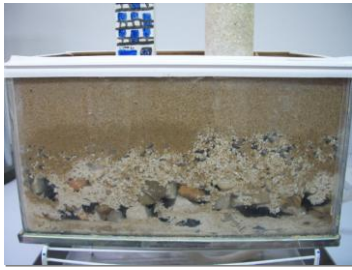
- Sesión 3: Ensayo de corte directo y *slake durability test* (SDT). El ensayo de corte directo es el ensayo más sencillo a realizar en un laboratorio para comprender el comportamiento frente al corte de los suelos, en sus tres modalidades, a saber: sin consolidar ni drenar (UU), consolidado no drenado (CU) y consolidado drenado (CD). Por su parte el ensayo SDT es posiblemente el ensayo más usado para caracterizar la resistencia a la degradación ambiental de las rocas blandas.
- Sesión 4: Ensayo triaxial y ensayo de compresión simple. El ensayo triaxial es un ensayo muy complejo pero que, bien analizado, representa un gran instrumento para la comprensión del comportamiento frente al corte de los suelos en diferentes estados tensionales. También se realiza en sus tres modalidades, a saber: sin consolidar ni drenar (UU), consolidado no drenado (CU) y consolidado drenado (CD). Por su parte el ensayo de compresión simple es en última instancia un ensayo triaxial sin confinamiento lateral. De hecho se emplea el mismo equipo para su ejecución, pero sólo nos proporciona el valor de la resistencia a compresión simple sin drenaje de suelo a partir de la cual se determina la cohesión sin drenaje o a corto plazo.
- Sesión 5: Práctica de campo, donde el profesor instruye al alumnado en el manejo de las herramientas necesarias para la toma de datos de parámetros resistentes y geométricos del macizo rocoso para su posterior empleo en el cálculo de parámetros geomecánicos.
- Sesión 6: Práctica de campo, donde los estudiantes, ya instruidos en la caracterización de macizos rocosos completan el trabajo de campo.
- Sesión 7: Práctica de gabinete, donde el alumnado tutorado por el profesor, inicie el cálculo de los parámetros geomecánicos para el estudio geomecánico del macizo rocoso objeto de la práctica.
- Sesión 8: Presentación y defensa de la práctica de campo y de aquellas de laboratorio que no haya dado tiempo a realizarse durante el curso.

El principal objetivo que perseguimos con la implementación de este sistema es que el alumno descubra por sí mismo que todas las grandes teorías de la Mecánica del Suelo y de la Mecánica de Rocas y los conceptos fundamentales que se han introducido en las clases de teoría están presentes en las prácticas que realizamos y que a partir de

experimentos muy sencillos se puede llegar a las mismas conclusiones que tras un largo proceso de demostraciones matemáticas.

El laboratorio de Mecánica del Suelo estaba bien dotado de equipos para ensayos geotécnicos de investigación pero adolecía de equipamiento adecuado para la docencia. Por esta razón, tal y como se comentó en el epígrafe anterior, se creó una “subred” encargada de plasmar en el laboratorio las prácticas que planificamos. Algunas de las prácticas de más valor didáctico se montaron usando materiales reciclados que nuestro propio laboratorio u otros de nuestro entorno habían desechado. Los profesores Roberto Tomás y Miguel Cano se encargaron de diseñar los dispositivos de las prácticas y el técnico de laboratorio Victoriano Rodrigo, junto con la alumna Noemí Planelles de construirlos. Como ejemplo basta citar la práctica de sifonamiento, en la que los alumnos, pueden entender visualmente qué sucede en un suelo incoherente cuando la presión intersticial iguala a la presión total. La secuencia del ensayo en ocho estadios diferentes se muestra la figura 1. Esta es la misma secuencia que hemos utilizado para el laboratorio virtual de Mecánica del Suelo.





Observamos el aumento del nivel freático de la maqueta



3



El nivel freático llega a la superficie



4



El terreno empieza a burbujear en zonas localizadas



5



Las arenas empiezan a saturarse por completo



6

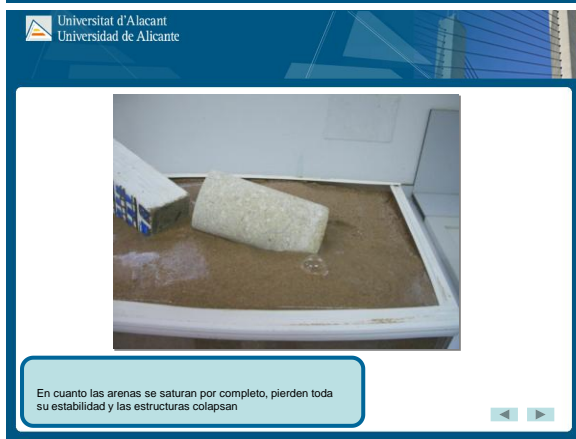
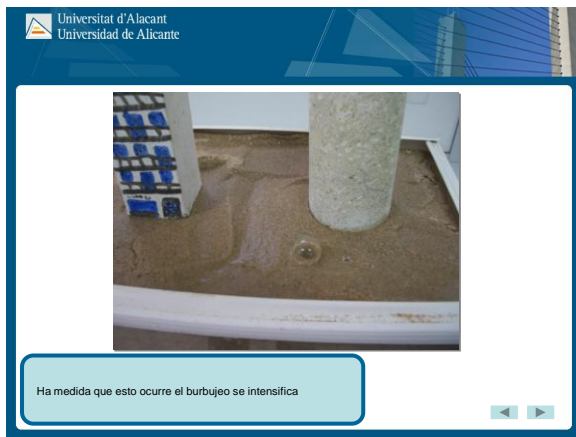


Figura 1. Secuencias de la práctica de sifonamiento, diseñada y construida por el laboratorio de Mecánica del Suelo de la Universidad de Alicante

Tal y como se ha comentado en epígrafes precedentes la realización in situ de algunas prácticas implica que alumno no interactúe en la medida que sería deseable, es por ello que nos planteamos la posibilidad de implementar un laboratorio virtual, cuya desarrollo se ha presentado como ponencia en la X Jornadas de redes de investigación en docencia universitaria 2012, recientemente celebradas, así como a la *International Conference on Education and New Learning Technologies (EDULEARN,2012)*. La metodología propuesta, de forma resumida, es la siguiente y su esquema conceptual se muestra en la figura 2:

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.

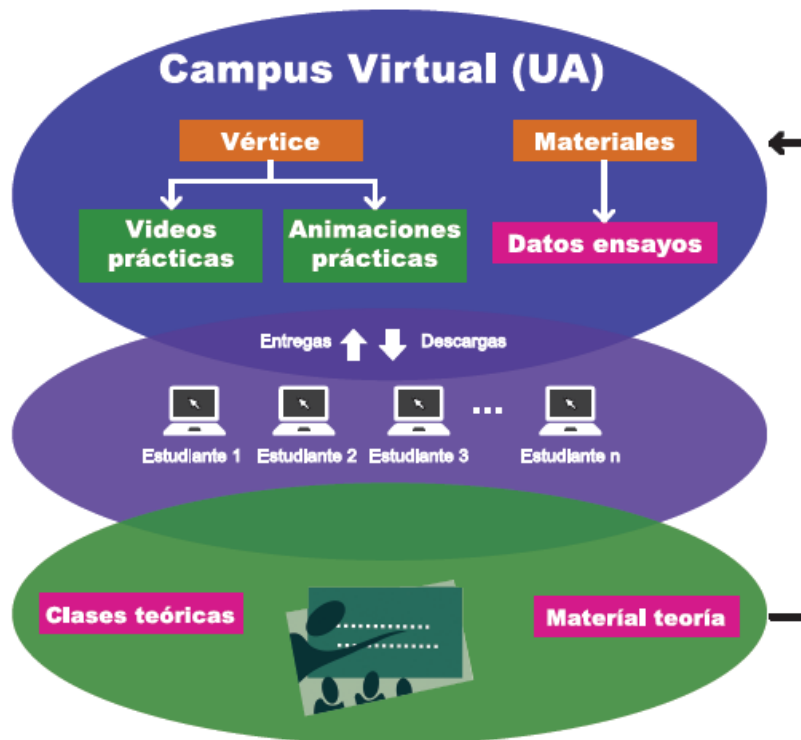


Figura 2. Esquema metodológico de la implementación de un laboratorio virtual de mecánica del suelo y de las rocas en la Universidad de Alicante.

Este sistema de prácticas virtuales es perfectamente compatible con el sistema de aprendizaje expuesto anteriormente, es más, creemos que se adapta mucho mejor que el de las prácticas tradicionales.

3. CONCLUSIONES

Se ha estructurado el material curricular de las prácticas de Mecánica del suelo y de las Rocas, adaptándolo al nuevo EEES, implantando un nuevo modelo de enseñanza-aprendizaje, que a nuestro modo de ver mejorará la forma en la que el alumnado adquiere los conocimientos y por ende debe cambiar su motivación para cursar las diversas asignaturas de nuestro ámbito de conocimiento. Al mismo tiempo se han materializado las prácticas previamente diseñadas adaptadas al objetivo de que el alumno descubra por sí mismo la relación con los contenidos teóricos de la asignatura.

Por otro lado se hace una propuesta complementaria de implementación de un laboratorio virtual que permitirá al alumnado interactuar mucho más y de forma repetitiva que con las prácticas presenciales.

4. DIFICULTADES ENCONTRADAS

Dado que nuestro principal objetivo era que el alumno pudiera descubrir por sí mismo los principales paradigmas que gobiernan la Mecánica del Suelo, la dificultad principal estuvo enmarcada en diseñar adecuadamente las prácticas y los ejercicios planteados en aquellas que no se han podido reproducir completamente en el laboratorio.

Por otra parte, como es sabido, nos encontramos ante una situación financiera que, al igual que en otros casos, no permite dotar a nuestro laboratorio del material que sería deseable. No obstante gracias a convocatorias como ésta, del programa redes, y a la iniciativa de nuestro personal, se ha podido adquirir y construir nuevos equipos de prácticas.

5. PROPUESTAS DE MEJORA

La propuesta más arriesgada, pero quizás más innovadora, será sustituir paulatinamente la presencialidad en las prácticas de laboratorio de todas las asignaturas del ámbito de conocimiento de Ingeniería del Terreno, excepto una sesión general de presentación del laboratorio, para que el alumnado tenga una idea clara de la escala y modo de funcionamiento de los diversos equipos. Obviamente, si las prácticas requieren visitas a campo para la toma de datos, éstas mantendrían su carácter presencial.

La apuesta por esta línea llevará implícito un trabajo de diseño de la práctica, su materialización, con los medios económicos de que se disponga, la filmación y/o fotografiado de diferentes secuencias y la creación de un formato adecuado para su implementación en Campus Virtual.

6. PREVISIÓN DE CONTINUIDAD

Consideramos que los resultados obtenidos en este curso han sido muy interesantes y provechosos, satisfaciendo los objetivos planteados inicialmente en esta red, es por ello que en la próxima convocatoria del programa REDES adaptaremos esta metodología a las asignaturas “Geotecnia y Cimientos y “Geotecnia Aplicada a las Obras Hidráulicas”

De hecho, y ayudándonos de financiación diversa, fuera de los canales que serían deseables hemos ido adquiriendo y construyendo diversos equipos para a realización de prácticas de las asignaturas anteriormente citadas. Actualmente se están terminando de diseñar nuevas prácticas para la realización de los ensayos *Pinhole* y de

permeabilidad con un permeámetro de carga constante (Fig. 3). Asimismo estamos pensando en la construcción de nuevos dispositivos mediante un sistema similar al empleado para la construcción de la práctica de sifonamiento (Fig. 1).



Figura 3. Estado preliminar del montaje de las prácticas para el ensayo *pinhole* y el ensayo de permeabilidad con un permeámetro de carga constante.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aysen, A. 2002. *Basic Concepts and Engineering Applications*. Swets & Zeitlinger. Amsterdam, The Netherlands.
- Bará, J. *et al.*, 2010. Aprendizaje basado en proyectos. Taller de formación, ICE. Universidad de Alicante.
- Cano, M., 2010. Programa razonado de Geotecnia y Cimientos en Ingeniería Técnica de Obras Públicas. Concurso-Oposición a Profesor Colaborador. Universidad de Alicante.
- Ente Público Puertos del Estado, Ministerio de Fomento, 2007. ROM 05-05, Recomendaciones Geotécnicas para Obras Marítimas y Portuarias (corrección de errores 2007), Madrid.
- Frank, R., 1999. *Calcul des fondations superficielles et profondes*, Presses de l'École nationale de Ponts et Chaussées, Paris, France.

- González de Vallejo, L. I. et al., 2005. Ingeniería Geológica. Pearson Educación, Madrid.
- Hernández, P., 1992. El Proyecto Docente del Profesor Universitario. Instituto de Ciencias de la Educación. Universidad Politécnica de Valencia.
- Jiménez Salas, J. A. et al., 1975. Geotecnia y Cimientos I - Propiedades de los Suelos y de las Rocas. Ed. Rueda, Madrid.
- Jiménez Salas, J. A. et al., 1981. Geotecnia y Cimientos II - Mecánica del Suelo y de las Rocas. Ed. Rueda, Madrid.
- Lancellotta, R., 2009. *Geotechnical Engineering*. Taylor & Francis, New York
- Ley 12/1986, de 1 de Abril, sobre la regulación de las atribuciones profesionales de los Arquitectos e Ingenieros Técnicos, modificada por la Ley 33/1992, de 9 de Diciembre.
- Martínez, J., 1991. Proyectos curriculares y práctica docente.
- Ministerio de Fomento (D.G. de Carreteras), 2009. Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera, 3ª edición, , Centro de Publicaciones, , Madrid.
- Ministerio de la Vivienda, 2008. Código Técnico de la Edificación DB SE: Seguridad Estructural. Texto refundido con modificaciones del RD 1371/2007, de 19 de octubre, y corrección de errores del BOE de 25 de enero de 2008. Madrid.
- Muzás Labad, F., 2007. Mecánica del Suelo y Cimentaciones (2 vol.). UNED, Fundación Escuela de la Edificación, Madrid.
- Programas de las asignaturas de Geotecnia de las Escuelas de Ingeniería Civil de las universidades: UPM, UPV, UPC, A Coruña, Burgos, Cantabria y Las Palmas. Disponibles en las páginas web correspondientes.
- Smith, I., 2006. *Smith's Elements of Soil Mechanics*. Blackwell Publishing, Oxford, UK.