

3831_Prácticas de laboratorio para las asignaturas impartidas por el área de Ingeniería del Terreno. Elaboración de material docente

J.L. Pastor¹; M. Cano²; R. Tomás³; A. Riquelme⁴; P. Robles⁵; E. Diaz⁶; J.I. Pérez⁷; V. Rodrigo⁸

joseluis.pastor@ua.es; miguel.cano@ua.es; roberto.tomas@ua.es; ariquelme@ua.es; pedro.robles@ua.es;
esteban.diaz@ua.es; juan.perez@ua.es; victor.rodrigo@ua.es

*Departamento de Ingeniería Civil
Universidad de Alicante*

RESUMEN

Las prácticas de laboratorio representan una actividad fundamental en asignaturas altamente conceptuales, como son las propias del ámbito de conocimiento de Ingeniería del Terreno. En el presente trabajo se ha realizado un estudio comparativo de las prácticas de laboratorio impartidas por dicha área en la Universidad de Alicante con las impartidas en las mismas titulaciones de otras universidades de España, con el objetivo de validar la idoneidad de la planificación docente de esta actividad en nuestra universidad. De la misma forma, también se han comparado estos ensayos con los de la práctica profesional habitual en la Ingeniería Civil e Ingeniería Geológica. Por último, se han analizado las dificultades encontradas por los estudiantes en el proceso de aprendizaje. Los resultados derivados de esta investigación ponen de manifiesto que los ensayos realizados en las prácticas de laboratorio de la Universidad de Alicante son los apropiados, si bien se hace necesario dotar a los estudiantes de material docente específico que los guíe en la realización de los diferentes ensayos.

Palabras clave: Prácticas de laboratorio, Ingeniería del Terreno, Mecánica del Suelo y de las Rocas, Geotecnia, Grado Ingeniería Civil.

1. INTRODUCCIÓN

Englobadas en el ámbito de conocimiento de Ingeniería del Terreno del Grado de Ingeniería Civil y del Máster Universitario en Ingeniería Geológica, existen asignaturas con un componente conceptual muy fuerte que hace necesaria la realización de una parte práctica que ayude a los estudiantes a entender de una forma global los conceptos estudiados en las clases de teoría. La realización de prácticas de laboratorio contribuye a que los estudiantes adquieran competencias que únicamente se desarrollan en este tipo de trabajos, convirtiéndose en un tipo de actividad formativa esencial.

El trabajo de laboratorio especialmente, aunque también cualquier trabajo práctico realizado durante las clases, contribuye a desarrollar capacidades de observación y de elaboración de sistemas experimentales, repercutiendo en una mejora de las habilidades de los estudiantes en la sistematización y procesado de datos experimentales (Cumbrera, 2007). Por otra parte, Barberá y Valdés (1996) enumeran una serie de características exclusivas del trabajo práctico en enseñanzas de ciencias, siendo extrapolables por tanto en mayor o menor medida a las enseñanzas de Ingeniería Civil. Estas características son: a) en primer lugar que las prácticas proporcionan una experiencia directa sobre los fenómenos estudiados, b) en segundo lugar, permiten también contrastar la abstracción científica, c) en tercer lugar, familiarizan a los estudiantes con equipos tecnológicos y d) en cuarto lugar, desarrollan el razonamiento práctico.

Otros autores, (Gil, 1997) afirman que el trabajo de laboratorio presenta un valor añadido al poner a prueba nuestras hipótesis de partida y hacernos reflexionar sobre el fenómeno estudiado, lo que obliga a analizar los resultados de forma crítica e incrementa la motivación para la recopilación de información que nos ayude a alcanzar una mayor comprensión del problema. Este mismo autor asegura que para la adquisición de las habilidades indicadas anteriormente el trabajo de laboratorio tiene un papel determinante, facilitando que los estudiantes conozcan el camino por el que se genera el conocimiento científico.

Además de todo lo dicho anteriormente, Carrascosa, Gil, Vilches y Valdés (2006) añaden que el trabajo realizado durante las prácticas de laboratorio enseña a los estudiantes la importancia de la dimensión colectiva, o del equipo, dentro del trabajo científico, al organizarse estas prácticas en grupos de trabajo que deben interactuar entre sí para la resolución de los diversos problemas planteados. Otro aspecto importante destacado por los mismos autores es la elaboración de memorias científicas que lleva aparejado el trabajo de laboratorio, pues el esfuerzo realizado por los estudiantes para elaborarlas puede servir de base para potenciar la comunicación y el debate científico.

Existen asignaturas, como la física teórica, donde la realización de prácticas de laboratorio tiene un efecto beneficioso por las competencias que adquieren los estudiantes en su realización, independientemente de que los ensayos realizados durante estas prácticas no se les vayan a presentar a los estudiantes en su posterior vida profesional (Gil, 1997). Sin embargo, en las prácticas de laboratorio realizadas en el ámbito del conocimiento del Área de Ingeniería del Terreno, se llevan a cabo ensayos habituales en el día a día de la práctica profesional de la Ingeniería Geológica – Geotécnica. Por lo tanto, a la adquisición de competencias y de formación científica general de los estudiantes, hay que añadir la formación recibida al trabajar con ensayos que, muy posiblemente, encontrarán durante su vida profesional, presentando estas prácticas de laboratorio un valor añadido al puramente científico.

Según lo dicho anteriormente, las prácticas de laboratorio constituyen una formación necesaria y de gran valor, debido al efecto positivo que tiene en la percepción del medio físico de los estudiantes. Para poder obtener el mayor rendimiento posible al tiempo que se dedica a las prácticas de laboratorio, se hace necesario coordinarlas entre las diferentes asignaturas impartidas por una misma Área de Conocimiento, así como evaluar la formación adquirida por los estudiantes durante la realización de las prácticas y dotar a éstos del material docente necesario para optimizar su aprendizaje.

1.1 Problema o cuestión específica del objeto de estudio.

La cuestión específica objeto de estudio consiste en la revisión de los diferentes ensayos de laboratorio que se realizan dentro de las asignaturas del Área de Ingeniería del Terreno, en las titulaciones de Grado en Ingeniería Civil, Máster Universitario en Ingeniería Geológica y Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Alicante.

1.2 Revisión de la literatura

Se han consultado y analizado las guías docentes de las asignaturas del Área de Ingeniería del Terreno de la Universidad de Alicante (UA), recopilando los ensayos de laboratorio que se realizan en cada una de las asignaturas. Las asignaturas con prácticas de laboratorio en el Grado de Ingeniería Civil de la UA son Mecánica de Suelos y Rocas (DIC UA, 2016c) y Geotecnia y Cimientos (DIC UA, 2016a) de segundo y tercer curso. Por su parte, en el Máster Universitario de Ingeniería Geológica, la asignatura que cuenta con prácticas de laboratorio es Geotecnia Vial (DIC UA, 2016b). Por otro lado, se han analizado los ensayos de laboratorio que se realizan en asignaturas

del Área de Ingeniería del Terreno en otras universidades españolas. Estas asignaturas consultadas han sido: a) Mecánica de Suelos y Rocas (DIMT UPM, 2016b) y Geotecnia (DIMT UPM, 2016a) de tercer curso de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). b) Mecánica de Suelos (DICA UPC, 2015b) e Ingeniería Geotécnica (DICA UPC, 2015a) de tercer y cuarto curso, respectivamente, de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), y c) Geotecnia y Cimientos (DIT UPV, 2016) de tercer curso del grado de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV).

1.3 Propósitos u objetivos

Los objetivos abordados durante esta investigación, han sido: a) la coordinación de las prácticas de laboratorio de las diferentes asignaturas con prácticas de laboratorio en las que el Área de Ingeniería del Terreno imparte docencia y b) el análisis de las necesidades de los estudiantes en el proceso de enseñanza – aprendizaje para la realización satisfactoria de la parte de prácticas de laboratorio de las diferentes asignaturas. De la misma forma, también ha sido objeto de este trabajo la elaboración de diverso material docente que ayude a los estudiantes en la realización y seguimiento de las prácticas de laboratorio.

2. MÉTODO

En primer lugar, se ha recopilado información acerca de las asignaturas del ámbito de conocimiento del Área de Ingeniería del Terreno en las titulaciones indicadas anteriormente. Una vez recopilados los ensayos de laboratorio que se estudian en las diferentes asignaturas, se realizó un análisis de los mismos con los profesores que imparten docencia en dichas asignaturas. De la misma forma, y para tener una visión más global de la materia impartida, se realizó una comparativa de los ensayos de laboratorio que se realizan en las asignaturas impartidas por el Área de Ingeniería del Terreno en la Universidad de Alicante con los ensayos de laboratorio programados en otras universidades españolas, en concreto, en las universidades politécnicas de Madrid, Cataluña y Valencia. Con objeto de conocer si los ensayos realizados en estas asignaturas son los habituales en la práctica profesional de la Ingeniería Civil o Ingeniería Geológica, se ha realizado un análisis de los ensayos indicados como referentes en diferente normativa de aplicación en este ámbito profesional. La normativa consultada ha sido el Código Técnico de la Edificación en su parte de Seguridad Estructural: Cimientos (Ministerio de la Vivienda, 2008), la Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera (Ministerio de Fomento, 2009) y las Recomendaciones Geotécnicas para Obras Marítimas y Portuarias (Ministerio de Fomento, 2005).

Por último, se realizó un análisis de las dificultades encontradas por los estudiantes durante todo el proceso que lleva aparejada la realización de las prácticas de laboratorio. Este proceso cuenta con las siguientes fases: (1) explicación teórica del ensayo por parte del profesor, (2) ejecución del ensayo en laboratorio y toma de datos, (3) cálculo de resultados y (4) expresión de los mismos.

3. RESULTADOS

En el Grado de Ingeniería Civil existen dos asignaturas impartidas por el Área de Ingeniería del Terreno que cuentan con prácticas de laboratorio: Mecánica de Suelos y Rocas y Geotecnia y Cimientos. En la Tabla 1 se enumeran los ensayos de laboratorio realizados en estas dos asignaturas. Por su parte, en el Máster Universitario en Ingeniería Geológica la asignatura de Geotecnia Vial cuenta con prácticas de laboratorio impartidas por esta área de conocimiento. El listado de los ensayos de laboratorio estudiados en esta asignatura se detalla en la Tabla 2.

En la Tabla 3 se incluye la comparativa realizada sobre los ensayos de laboratorio impartidos por el Área de Ingeniería del Terreno de la Universidad de Alicante con los impartidos por sus áreas homólogas en las universidades politécnicas de Madrid, Cataluña y Valencia. De esta comparativa se desprende que los ensayos estudiados son prácticamente los mismos en las cuatro universidades, especialmente en lo que respecta a ensayos sobre suelos donde la coincidencia es prácticamente absoluta. Sin embargo, la Universidad de Alicante es la única de las cuatro universidades donde se estudian ensayos sobre rocas. Estos ensayos son el ensayo de carga puntual o *Point Load Test* (PLT) y el ensayo de durabilidad de rocas o *Slake Durability Test* (SDT).

Por otro lado, tras la revisión de la normativa citada anteriormente se observa que los ensayos de laboratorio que se realizan en las prácticas son los ensayos de referencia usados en la bibliografía, tanto en lo que respecta a la clasificación de suelos como a la determinación de sus propiedades resistentes, de deformabilidad y de propiedades hidráulicas de los mismos.

Del análisis realizado sobre los ensayos de laboratorio estudiados en las asignaturas del Área de Ingeniería del Terreno, y tras una revisión de la práctica profesional habitual en la profesión de Ingeniero Civil - Geólogo, así como de las prácticas estudiadas en las mismas titulaciones en otras universidades españolas, se desprende que las prácticas de laboratorio que actualmente imparte el área son las apropiadas, no aconsejándose ninguna modificación en este sentido.

Tabla 1. Asignaturas del Grado de Ingeniería Civil con prácticas de laboratorio.

Curso	Asignatura	Ensayos de laboratorio
2º	Mecánica de Suelos y Rocas	Granulometría por tamizado Granulometría por sedimentación Límites de Atterberg Permeabilidad de suelos Edómetro Corte Directo Triaxial Compresión Simple Ensayo de durabilidad de rocas SDT Ensayo de carga puntual en rocas PLT
3º	Geotecnia y Cimientos	Proctor CBR

Tabla 2. Asignaturas del Máster Universitario en Ingeniería Geológica con prácticas de laboratorio.

Curso	Asignatura	Ensayos de laboratorio
1º	Geotecnia Vial	Proctor CBR Colapso de suelos Hinchamiento libre de suelos Presión de hinchamiento de suelos

Por otro lado, en el análisis de las dificultades que encuentran los alumnos a la hora de realizar las prácticas se han obtenido tres resultados destacables: 1) Se hace necesario homogeneizar los contenidos y la extensión de estos en todos los grupos de prácticas, especialmente en los grupos en

los que las prácticas son impartidas por profesores distintos. 2) Sería conveniente que los estudiantes contaran con una explicación escrita sobre las prácticas que se realizan y 3) Sería recomendable la existencia de plantillas de toma de datos que los estudiantes puedan llevar al laboratorio en el momento de realizar las prácticas, donde se indiquen los datos a tomar en laboratorio para la posterior realización de las prácticas.

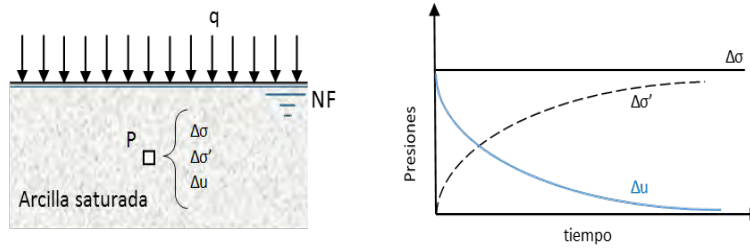
Tabla 3 Ensayos realizados en las asignaturas de Grado en Ingeniería Civil según las guías docentes para cada una de las universidades.

Material	Propiedades	Ensayo	UA	UPM	UPC	UPV
Ensayos sobre suelos	Clasificación de suelos	Granulometría por tamizado	√	√	√	√
		Granulometría por sedimentación	√	No especificado	No especificado	√
		Limites de Atterberg	√	√	√	√
	Propiedades hidráulicas	Permeabilidad	√	√	√	√
	Deformabilidad	Edómetro	√	√	√	√
	Resistencia	Compresión simple	√	√	√	√
		Corte directo	√	√	√	√
		Triaxial	√	√	√	√
Ensayos sobre rocas	Resistencia	Ensayo de carga puntual	√			
	Durabilidad	Slake Durability test	√			

Con objeto de superar las dificultades encontradas durante esta investigación, se ha elaborado una guía docente para los diversos ensayos que se realizan en las prácticas de laboratorio del Área de Ingeniería del Terreno. Éste, se ha diseñado de modo que cubra y solucione las tres dificultades encontradas en las prácticas de laboratorio. Para conseguir este objetivo, este material debe servir a los distintos profesores de la asignatura como guion de las prácticas, a la vez que debe proporcionar a los alumnos tanto de una explicación detallada del ensayo a realizar como de plantillas para la toma de datos y resolución de la práctica, así como de un ejemplo que clarifique las operaciones a realizar.

Según lo dicho anteriormente, en el material docente elaborado, cada uno de los ensayos cuenta con un primer apartado de introducción teórica, donde el estudiante puede repasar los conceptos básicos que sustentan la experimentación práctica que se llevará a cabo en el laboratorio. Dentro de este apartado, además de la explicación de dichos conceptos se incluyen esquemas que ayuden a los estudiantes a comprender mejor estos conceptos. A modo de ejemplo, se incluye en la Figura 1 uno de los esquemas correspondiente a la introducción teórica del ensayo de consolidación unidimensional en edómetro.

Figura 1. Esquema conceptual del proceso de consolidación unidimensional.



En el segundo apartado se enumera la normativa que es de aplicación al ensayo que se va a realizar. Posteriormente, en el tercer apartado se describe de manera breve pero precisa el objetivo de la práctica, haciendo que el estudiante tenga una idea clara sobre el porqué de realizar dicho ensayo, es decir, que tome conciencia de la conexión entre el laboratorio y el problema físico real que se quiere caracterizar.

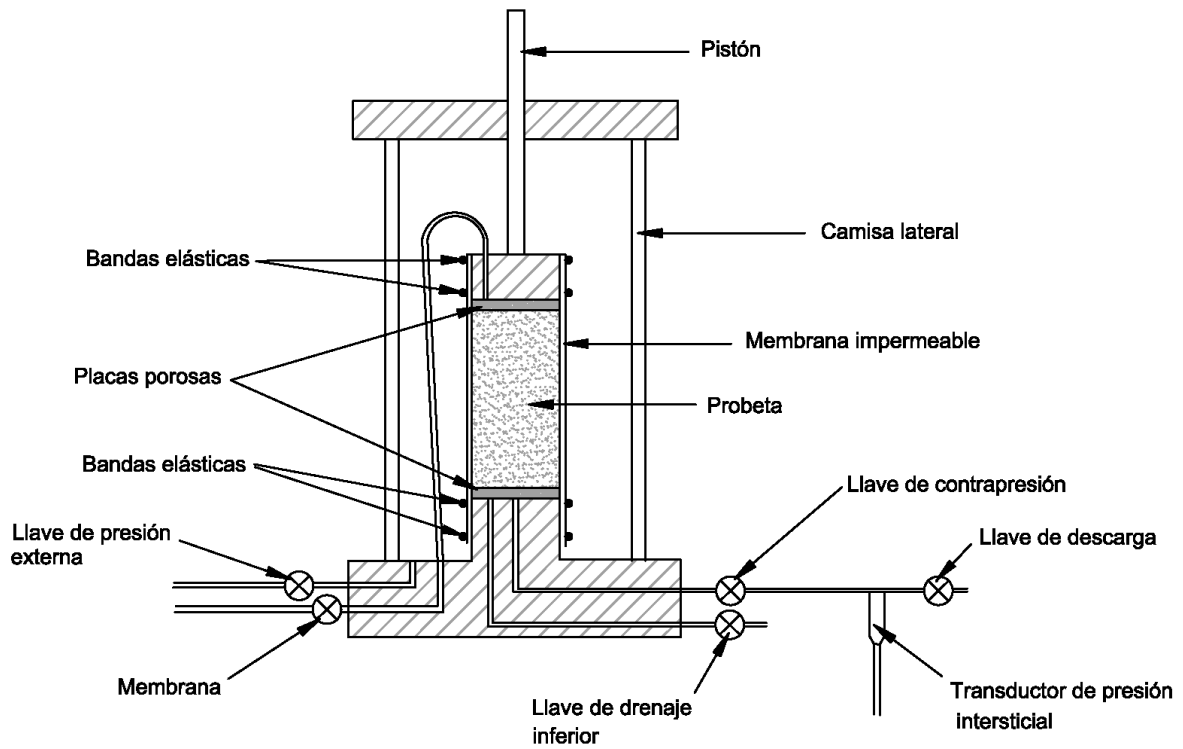
En el cuarto apartado se incluye un listado del material y del equipo necesario para la realización de las prácticas, indicando las características más importantes de dicho material. Debido a que la descripción de los equipos, o incluso del material a utilizar, es en ocasiones confuso debido a la alta especialización de estos aparatos y a que en numerosas ocasiones los estudiantes no han visto antes un equipo similar, dentro de este apartado se incluyen fotografías del material descrito y de la disposición de montaje a realizar. En la Figura 2 se muestra un ejemplo de las imágenes usadas para ilustrar parte del material necesario para la elaboración del ensayo de *California Bearing Ratio* (CBR), donde se ha incluido el nombre de cada parte del material que aparece en la fotografía. De la misma forma, cuando el equipo a utilizar es más complejo, y por tanto los estudiantes puedan encontrar dificultad en entender su funcionamiento, se han realizado e incluido esquemas del montaje y funcionamiento de los equipos, indicando el nombre de todos los elementos de importancia tanto funcional como conceptual del aparato. En la Figura 3 se incluye el esquema del aparato triaxial, utilizado para explicar el funcionamiento de este equipo en el material docente elaborado.

En el quinto apartado se explica la preparación de la muestra a realizar previo al comienzo de cada ensayo, incluyendo en este punto procesos como el cuarteo o la separación de suelos.

Figura 2. Parte del material necesario para la realización del ensayo CBR.



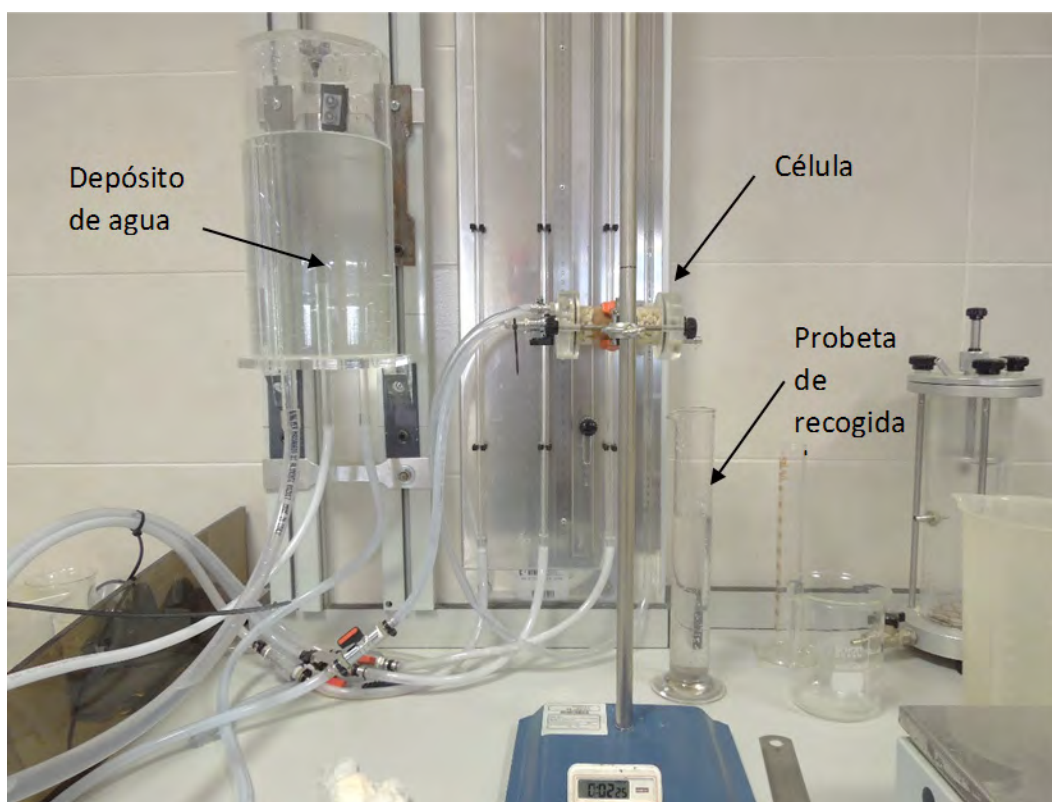
Figura 3. Esquema del equipo triaxial.



El sexto apartado describe el procedimiento operatorio de la ejecución del ensayo, describiendo paso a paso y de forma detallada todo el proceso de realización del mismo. Este apartado suele ser el de mayor extensión pues en él se explica la elaboración del ensayo, permitiendo a los estudiantes reproducirlo únicamente siguiendo los pasos indicados aquí. Con objeto de hacer más clara la explicación, se emplean fotografías y esquemas para ilustrar el montaje del equipo en el caso de que el ensayo en cuestión lo requiera. En la Figura 4 se ha incluido un ejemplo de una de las fotografías utilizadas con este fin, donde se muestra el montaje realizado para el ensayo de *pinhole*.

En el séptimo y último apartado se desarrolla la formulación necesaria para la obtención de los resultados finales de la práctica, así como las operaciones intermedias a realizar hasta llegar al resultado final de la misma.

Figura 4. Equipo de ensayo montado para la realización del ensayo *pinhole*.



Al final de todos los apartados descritos anteriormente se incluye una plantilla en blanco de los datos que los estudiantes deben tomar durante la realización de las prácticas en el laboratorio. De esta forma se guía al estudiante, indicándole que datos son necesarios recopilar durante la ejecución del ensayo para la posterior realización de los cálculos que permitan la expresión de los resultados. En la Tabla 3 se ha incluido el ejemplo de parte de toma de datos del ensayo Proctor. De la misma forma también se incluyen gráficas en blanco donde poder representar los diferentes cálculos realizados, así como la expresión de resultados cuando el ensayo lo requiera. En la Figura 5 se ha incluido la gráfica para la realización de los cálculos del ensayo Proctor.

Se ha observado que contar con un ejemplo numérico de todo el proceso de realización del ensayo ayuda de una forma importante a los estudiantes a realizar sus propios cálculos. Por lo tanto, se

ha incluido al final de cada ensayo un ejemplo numérico de todos los datos tomados en el laboratorio, de los cálculos realizados y de los resultados obtenidos. En la Tabla 4 se incluye el ejemplo numérico de toma de datos y resultados obtenidos en el ensayo Proctor, incluyéndose la gráfica de resultados del mismo ensayo en la Figura 6.

Tabla 4. Ejemplo de parte de toma de datos para el ensayo Proctor y plantilla para obtención de resultados.

	-	Punto n°					
	-	% agua añadida					
Densidad seca	t + s + a	Molde + suelo + agua					
	t	Molde					
	s + a = (t + s + a) - t	Suelo + agua					
	$s = \frac{(s + a) \cdot 100}{100 + w}$	Suelo					
	$\rho_d = \frac{s}{\text{volumen}}$	Densidad seca					
Humedad	-	Referencia tara					
	t + s + a	Tara + suelo + agua					
	t + s	Tara + suelo					
	t	Tara					
	s = (t + s) - t	Suelo					
	a = (t + s + a) - (t + s)	Agua					
	$w = \frac{a}{s} \cdot 100$	Humedad %					

DENSIDAD MÁXIMA:

HUMEDAD ÓPTIMA:

Figura 5. Gráfica en blanco para la representación de los resultados del ensayo Proctor.

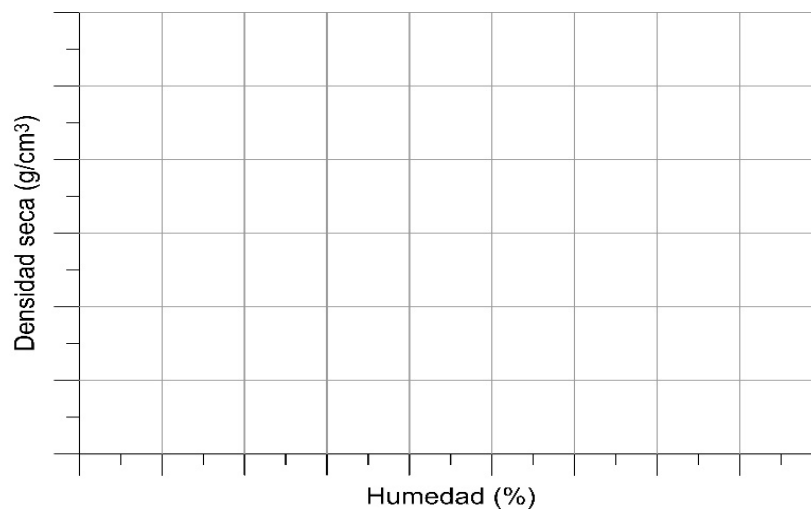


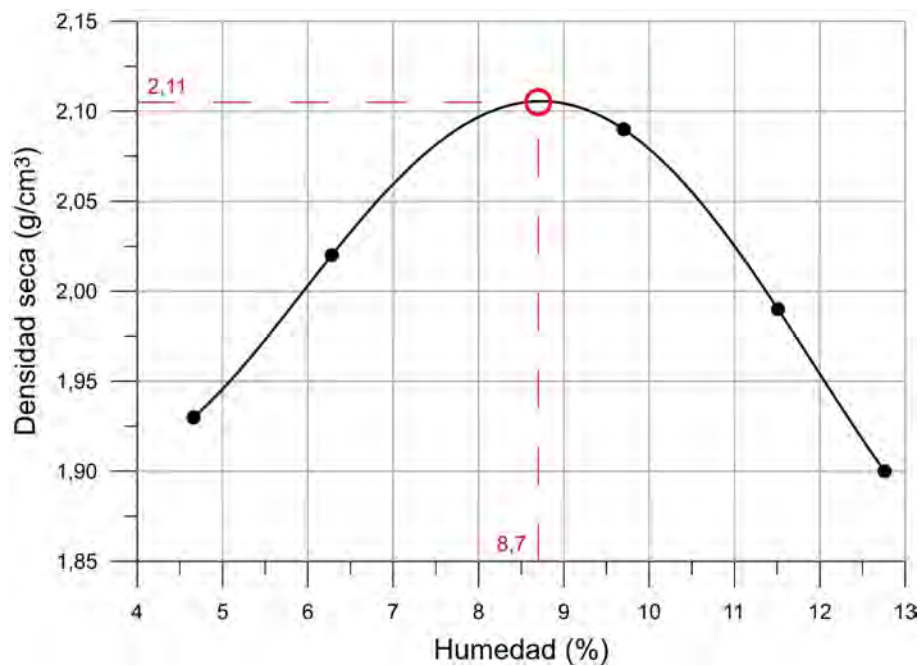
Tabla 5. Ejemplo de toma de datos y obtención de resultados para el ensayo Proctor.

	-	Punto nº	1	2	3	4	5
	-	% agua añadida	2	4	6	8	10
Densidad seca	t + s + a	Molde + suelo + agua	10118	10412	10746	10573	10407
	t	Molde	5408	5408	5408	5408	5408
	s + a = (t + s + a) - t	Suelo + agua	4710	5004	5338	5165	4999
	$s = \frac{(s + a) \cdot 100}{100 + w}$	Suelo	4500	4708	4866	4632	4433
	$\rho_d = \frac{s}{\text{volumen}}$	Densidad seca	1,93	2,02	2,09	1,99	1,90
Humedad	-	Referencia tara	a	b	c	d	e
	t + s + a	Tara + suelo + agua	392,2	347,9	334,4	348,4	326,1
	t + s	Tara + suelo	382,9	338,0	320,3	332,1	310,8
	t	Tara	183,3	180,3	175,0	190,5	190,9
	s = (t + s) - t	Suelo	199,66	157,7	145,3	141,6	119,9
	a = (t + s + a) - (t + s)	Agua	9,3	9,9	14,1	16,3	15,3
	$\omega = \frac{a}{s} \cdot 100$	Humedad %	4,66	6,28	9,70	11,51	12,76

DENSIDAD MÁXIMA: 2,11 g/cm³

HUMEDAD ÓPTIMA: 8,7 %

Figura 6. Gráfica con los resultados del ensayo Proctor ya representados tras la realización de la práctica.



4. CONCLUSIONES

Del análisis realizado sobre los ensayos de laboratorio estudiados en las asignaturas del Área de Ingeniería del Terreno, y tras una revisión de la práctica profesional habitual en las profesiones de Ingeniero Civil e Ingeniero Geólogo, así como de las prácticas estudiadas en las mismas titulaciones en otras universidades españolas, se desprende que las prácticas de laboratorio que actualmente imparte el área son las apropiadas, no aconsejándose ninguna modificación en este sentido. Por otro lado, con objeto de superar las dificultades encontradas por los estudiantes a la hora de realizar las prácticas de laboratorio, se ha elaborado un nuevo material docente que permite homogeneizar la docencia impartida en los distintos grupos y proporciona a los estudiantes de un guion de prácticas ajustado a la carga docente impartida en las prácticas, así como de plantillas de toma de datos y resolución de las prácticas.

5. TAREAS DESARROLLADAS EN LA RED

PARTICIPANTE DE LA RED	TAREAS QUE DESARROLLA
José Luis Pastor Navarro	Coordinación de la red, análisis de las prácticas que se desarrollan y de las necesidades de los estudiantes para su realización. Elaboración de material docente. Redacción de la memoria.
Miguel Cano González	Análisis de las prácticas que se desarrollan y de las necesidades de los estudiantes para su realización. Elaboración de material docente. Redacción de la memoria.
Roberto Tomás Jover	Análisis de las prácticas que se desarrollan y de las necesidades de los estudiantes para su realización. Elaboración de material docente. Redacción de la memoria.
Adrián José Riquelme Guill	Análisis de las prácticas que se desarrollan y de las necesidades de los estudiantes para su realización. Elaboración de material docente. Redacción de la memoria.
Pedro Robles Marín	Análisis de las prácticas que se desarrollan y de las necesidades de los estudiantes para su realización.
Esteban Diaz Castañeda	Análisis de las prácticas que se desarrollan y de las necesidades de los estudiantes para su realización.
Juan Ignacio Pérez Ruiz	Análisis de las prácticas que se desarrollan y de las necesidades de los estudiantes para su realización.
Victoriano Rodrigo Ramírez	Preparación de los equipos de laboratorio y montaje de los ensayos para la toma de fotografías

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barberá, D., Valdés, P. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de la ciencia: una revisión. *Enseñanza de las Ciencias*, 3, 365-379.
- Carrascosa, J., Gil, D., Vilches, A., Valdés, P. (2006). Papel de la actividad experimental en la educación científica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 2 (23), 157-181.
- Cumbrera, R. A. (2007). El desarrollo de la actividad experimental en física general y el uso de las TICs en las prácticas de laboratorio. *Revista pedagógica universitaria*, 5 (XII).
- DICA UPC. (2015a). Guía docente de la asignatura de Ingeniería Geotécnica del Grado de Ingeniería Civil de la Universidad Politécnica de Cataluña.
- DICA UPC. (2015b). Guía docente de la asignatura de Mecánica de Suelos del Grado de Ingeniería Civil de la Universidad Politécnica de Cataluña.
- DIC UA. (2016a). Guía docente de la asignatura de Geotecnia y Cimientos del Grado de Ingeniería Civil de la Universidad de Alicante.
- DIC UA. (2016b). Guía docente de la asignatura de Geotecnia Vial del Máster de Ingeniería Geológica de la Universidad de Alicante.
- DIC UA. (2016c). Guía docente de la asignatura de Mecánica de Suelos y Rocas del Grado de Ingeniería Civil de la Universidad de Alicante.
- DIMT UPM. (2016a). Guía docente de la asignatura de Geotecnia del Grado de Ingeniería Civil y Territorial de la Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado 12 de mayo de 2017, a partir de <http://www.caminos.upm.es/gradoict/Documentos/GuiaAprendizajeCyT.TomoI.pdf#page=290>
- DIMT UPM. (2016b). Guía docente de la asignatura de Mecánica de Suelos y Rocas del Grado de Ingeniería Civil y Territorial de la Universidad Politécnica de Madrid.
- DIT UPV. (2016). Guía docente de la asignatura de Geotecnia y Cimientos del Grado de Ingeniería Civil de la Universidad Politécnica de Valencia.
- Gil, S. (1997). Nuevas tecnologías en la enseñanza de la física, oportunidades y desafíos. *Educación en Ciencias*, 2 (34), 1-10.
- Ministerio de Fomento. (2005). *ROM 0.5-05 Recomendaciones Geotécnicas para Obras Marítimas y Portuarias*. (Ministerio de Fomento, Ed.). Madrid, Spain: Ministerio de Fomento.
- Ministerio de Fomento. (2009). *Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera*. (S. Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento, Madrid, Ed.). Madrid.
- Ministerio de la Vivienda. (2008). *Código Técnico de la Edificación. Documento Básico - Seguridad Estructural: Cimientos*.