



Investigación e Innovación Educativa en Docencia Universitaria. Retos, Propuestas y Acciones

Edición de.

Rosabel Roig-Vila
Josefa Eugenia Blasco Mira
Asunción Lledó Carreres
Neus Pellín Buades

Prólogo de.

José Francisco Torres Alfosea
Vicerrector de Calidad e Innovación Educativa
Universidad de Alicante

Edición de:

Rosabel Roig-Vila
Josefa Eugenia Blasco Mira
Asunción Lledó Carreres
Neus Pellín Buades

© Del texto: los autores (2016)

© De esta edición:

Universidad de Alicante
Vicerrectorado de Calidad e Innovación educativa
Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) (2016)

ISBN: 978-84-617-5129-7

Revisión y maquetación: Neus Pellín Buades

Coordinación y seguimiento en la implementación eficaz del Trabajo Fin de Máster del Máster Universitario en Ingeniería Geológica

M. Cano González (Coord.); R. Tomás Jover; A. Riquelme Guill; J. García Barba; A.J. Tenza
Abril; L. Bañón Blázquez; M.B. Ferrer Crespo; L.F. Pulgarín Canaval.

*Departament d'Enginyeria Civil
Universitat d'Alacant*

RESUMEN

El Trabajo Fin de Máster del Máster Universitario en Ingeniería Geológica de la Universidad de Alicante tiene como objetivo fundamental cuantificar el grado de cumplimiento de los objetivos formativos de los estudiantes. Está orientado al desarrollo y a la evaluación de las competencias recogidas en el plan de estudios y tiene una importancia capital en la adquisición de la madurez suficiente para el ejercicio profesional o el acceso a los estudios de doctorado, razón por la cual representa la mayor carga lectiva del máster (12 créditos ECTS). En esta red, se pretende, por un lado evaluar la idoneidad de los Trabajos Fin de Máster propuesto al alumnado por el profesorado que imparte docencia en dicha titulación, por otro, evaluar la idoneidad del contenido curricular de las asignaturas de los tres semestres del máster desde el punto de vista de la consecución de los objetivos formativos de esta asignatura que representa el colofón en la formación de estos estudiantes y por último establecer una metodología adecuada para validar la adquisición de las competencias de la titulación a través el diseño de un sistema de seguimiento de dichos trabajos.

Palabras clave: Trabajo Fin de Máster; Ingeniería Geológica; Competencias; Conexiones; Evaluación

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Problema/cuestión.

En la actualidad, todas las titulaciones españolas desarrolladas bajo el paraguas del Marco Europeo de la Educación Superior presentan en sus planes de estudio un trabajo final de grado/máster. Sin embargo, por su naturaleza, esto ha sido siempre una práctica habitual en todas las titulaciones de Ingeniería. Con la superación de esta actividad en alumnado demostraba haber adquirido la madurez suficiente para ejercer la profesión a la que iba ligada la titulación. Hoy en día, esta “madurez” se mide en términos de adquisición de competencias. En este sentido, el Trabajo Fin de Máster del Máster Universitario en Ingeniería Geológica de la Universidad de Alicante tiene precisamente como objetivo fundamental cuantificar el grado de cumplimiento de los objetivos formativos de los estudiantes. Es por ello, que está orientado al desarrollo y a la evaluación de las competencias recogidas en el plan de estudios y tiene una importancia capital en la adquisición de la madurez suficiente para el ejercicio profesional o el acceso a los estudios de doctorado, razón por la cual representa la mayor carga lectiva del máster (12 créditos ECTS).

Durante el presente curso académico 2015-2016 se ha implantado el tercer semestre de estos estudios; semestre que está centrado en la capacitación del estudiante en materias relacionadas con la Dirección de proyectos y la gestión de I+D+i, la introducción a la investigación y la realización del Trabajo Fin de Máster. Esta última actividad formativa se enmarca dentro de la asignatura con el mismo nombre y consiste en la elaboración, bajo tutela de un profesor o profesora, de un ejercicio original realizado individualmente, así como su presentación y defensa ante un tribunal universitario. Dicho ejercicio consiste en un proyecto integral de Ingeniería Geológica de naturaleza científico-profesional en el que se sintetizan las competencias adquiridas en las enseñanzas cursadas. Dada la importancia de esta asignatura, se hace necesario la verificación de una implementación eficaz de las asignaturas precedentes, haciendo hincapié en aquellas correspondientes al tercer semestre, pues capacitan al alumno en muchas de las competencias necesarias para abordar con éxito el Trabajo Fin de Máster. Asimismo, se debe verificar que el alumno o alumna que está desarrollando su trabajo final de máster haya adquirido las competencias adecuadas para su correcto desarrollo. Dicha verificación debe realizarse a través del director de su trabajo fin de máster. No

obstante, como indicador de calidad, se hace necesario conocer la opinión del alumnado respecto del grado de formación adquirido y las dificultades encontradas en el desarrollo de sus trabajos.

La red está compuesta por siete profesores, seis de los cuales ya han formado parte de redes relacionadas con la titulación. De entre estos profesores, cuatro pertenecen al ámbito del conocimiento de Ingeniería del Terreno, uno al ámbito de conocimiento de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes y los otros dos a las áreas de Ingeniería de la Construcción y de Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras, respectivamente. Áreas todas ellas, pertenecientes al Departamento de Ingeniería Civil, el cual imparte la mayor parte de la docencia en esta titulación. Por último y de primordial importancia, ha sido la incorporación a la red de un estudiante que durante el presente curso académico ha estado desarrollando su Trabajo Fin de Máster, con el que se han mantenido numerosos y productivos encuentros, a fin de disponer de su punto de vista en la definición de la metodología a implementar. La labor de coordinación entre los integrantes de la red ha sido muy elevada y los resultados obtenidos de gran interés en cuanto a la metodología de estudio propuesta.

1.2 Revisión de la literatura.

Tratar de valorar la adquisición de competencias a través de la evaluación del trabajo fin de estudios no es nueva (Valderrama et al., 2009), al menos en lo que a las titulaciones de ingeniería se refiere. Sin embargo, a pesar de la amplia experiencia con que se cuenta, la introducción del concepto de adquisición de competencias por parte del estudiante y su evaluación es compleja (NCES, 2002, Voorthess, 2001)

Por otra parte y ya en el ámbito particular de la titulación, es de gran importancia conocer los documentos correspondientes a las memorias de las redes docentes que giran en torno a la titulación del Máster Universitario en Ingeniería Geológica desarrolladas durante los cursos 2012/13, 2013/14 y 2014/15, denominadas respectivamente “Desarrollo curricular del máster universitario oficial en Ingeniería Geológica” (Cano et al., 2013), “Implementación del contenido de las asignaturas del Máster de Ingeniería Geológica” (Cano et al., 2014) y “Evaluación de la implementación de las guías docentes de las asignaturas del ámbito de la Ingeniería del Terreno del Máster en Ingeniería Geológica” (Cano et al., 2016). Además, también se ha consultado la “Memoria para la solicitud de verificación del título de Máster Universitario en Ingeniería Geológica”, presentada por la Universidad de Alicante y

verificada por la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA) (VV. AA., 2011). En esta publicación se hace referencia a los criterios utilizados para fijar las competencias de este título. Entre ellos, los expuestos en la *Quality Assurance Agency for Higher Education, Master Degree Characteristics* (QAA, 2010) y el marco de acreditación europeo EURO-INF (*Framework Standards and Accreditation Criteria for Informatics Programmes*) (EQANIE, 2011), habiéndose realizado una fusión entre competencias de contenidos similares, teniendo en cuenta también las competencias que fija el Real Decreto 1393/97 (MEC, 2007). También se ha consultado la publicación denominada “La multidimensionalidad de la educación universitaria. Redes de Investigación Docente - Espacio Europeo de Educación Superior. Vol. I” (Martínez y Carrasco, 2007). Asimismo, ha sido de gran interés la consulta del documento en el que se explicitan los acuerdos llevados a cabo por la Comisión Interuniversitaria de la Titulación de Ingeniería Geológica. Esta comisión se creó a petición de la Confederación de Ingenieros Geólogos (COIG), en calidad de órgano de representación profesional, y estuvo formada por las universidades donde se impartía el título actual (Politécnica de Cataluña, Alicante, Complutense de Madrid, Politécnica de Madrid, Salamanca y Oviedo). En reunión celebrada el día 4 de septiembre de 2008, dicha comisión adoptó los acuerdos antes mencionados por los que se definen las condiciones a las que deberán adecuarse los nuevos planes de estudios conducentes a la obtención de títulos que faculten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Geólogo.

1.3 Propósito.

Una competencia profesional es el conjunto de habilidades, actitudes y responsabilidades que describen los resultados del aprendizaje de un proceso educativo (VV. AA., 2009; Voorthess, R. (2001)). En base a ello, si un alumno de ingeniería ha adquirido estas competencias durante sus estudios, se puede decir que ha obtenido la madurez suficiente para poder ejercer la profesión correspondiente. Si esta premisa se cumple, entonces se puede concluir que titulación se ha implementado eficazmente.

El problema que se plantea es cómo se evalúa la adquisición de competencias y por ende la implementación eficaz de la titulación. El propósito de este trabajo es establecer la eficacia en implementación del Máster Universitario en Ingeniería Geológica a través del análisis de la implementación del Trabajo Fin de Máster (TFM). Dicho trabajo está orientado al desarrollo y a la evaluación de las competencias

recogidas en el plan de estudios y tiene una importancia capital en la adquisición de la madurez suficiente para el ejercicio profesional o el acceso a los estudios de doctorado, razón por la cual representa la mayor carga lectiva del máster (12 créditos ECTS). Este trabajo, enmarcado en la asignatura del mismo nombre, consiste en la elaboración, bajo tutela de un profesor o profesora, de un ejercicio original realizado individualmente y su posterior presentación y defensa ante un tribunal universitario. Dicho ejercicio debe ser un proyecto integral de Ingeniería Geológica de naturaleza científico-profesional en el que se sintetizan las competencias adquiridas en las enseñanzas. Es decir, el trabajo es en sí mismo un mecanismo evaluador, así como una actividad formativa más de todo el proceso de enseñanza-aprendizaje de la titulación objeto de estudio. Con todo ello, analizando si el alumno o alumna ha adquirido las competencias necesarias para llevar a buen término el trabajo elegido, se pretende evaluar la eficacia en la implementación del Trabajo Fin de Máster y por lo tanto en la implementación de la titulación. En base a lo comentado anteriormente, cobra especial interés evaluar la idoneidad del contenido curricular las asignaturas impartidas previamente, especialmente las del tercer semestre y realizar un seguimiento de la implementación de las guías docentes. Asimismo, se debe clarificar el grado de conexión y la relación de todas ellas con cada TFM estudiado en esta red.

Por último, se debe implementar una metodología que, por una parte, verifique que el estudiante ha adquirido las competencias necesarias en las asignaturas cursadas con anterioridad. Esto se puede hacer a través del análisis de las dificultades encontradas durante el desarrollo de su trabajo y la propuesta planteada consiste en una doble evaluación, realizadas independientemente a través de su director de TFM y a través del alumno o alumna en cuestión. Por otra parte, el profesorado responsable de las asignaturas cursadas previamente, con relación con el trabajo en cuestión, deben clarificar si las competencias especificadas en el plan de estudios han sido adquiridas de forma efectiva por el alumnado que haya superado la asignatura.

2. METODOLOGÍA

2.1. Descripción del contexto y de los participantes

Tal y como se ha comentado con anterioridad, en este trabajo de investigación se pretende evaluar el grado de implementación de esta titulación analizando la implementación de la asignatura Trabajo Fin de Máster (TFM). A través del estudio de estos trabajos, se pretende evaluar si el alumnado presenta déficits en las competencias

necesarias para su TFM o si por el contrario, la implementación eficaz de las asignaturas previamente cursadas ha posibilitado la realización de un trabajo sin contratiempos formativos. Se ha analizado por separado a los estudiantes y sus trabajos y al profesorado que ha impartido las asignaturas previas y que estaban directamente relacionadas con cada uno de ellos.

Todo el profesorado implicado en la formación previa del estudiante ha participado en el estudio, así como la totalidad de los alumnos. Sin embargo, se debe hacer notar que este es el primer curso en el que se imparte la asignatura en la que se enmarca el TFM y que el número de matriculados ha sido de nueve. Es por ello que el número de estudiantes que han escogido ya su TFM y lo están desarrollando durante el presente curso académico 2015/16 es reducido, razón por la cual se han seleccionado todos ellos para el presente estudio.

También es de resaltar que esta titulación de máster presenta dos intensificaciones, una en Ingeniería Geotécnica y otra en Recursos Geológicos. Estas intensificaciones se plasman en la elección por parte del alumnado de dos bloques de optatividad. Sin embargo, hasta ahora, todos los estudiantes matriculados han preferido la opción de Ingeniería Geotécnica, lo que conlleva un pequeño sesgo en el estudio, aunque no de gran importancia, pues las competencias generales de la titulación son únicas.

2.2. Materiales

En primer lugar, se ha requerido el listado de Trabajos Fin de Máster aprobados para el presente curso académico 2015/16. En este listado figura, además del título del TFM, un breve resumen y las principales asignaturas de la titulación relacionadas con él. Se ha distinguido entre los trabajos de investigación (Tabla 1a) y los proyectos de ingeniería (Tabla 1b).

Asimismo, para el estudio, es necesario determinar las competencias que se han debido adquirir previamente para desarrollar con éxito el TFM, razón por la cual es preceptivo disponer del listado de competencias de la titulación. Las competencias básicas (Tabla 2) son competencias generales comunes a todas las ingenierías y se adquieren en diversas asignaturas.

Tabla 1a. Relación de los trabajos de investigación evaluados, en el que se incluye un resumen, así como las principales asignaturas relacionadas con éste y que han sido cursadas previamente.

| Trabajo | Resumen | Principales asignaturas relacionadas, cursadas previamente |
|--|---|--|
| <p>T1. Uso de cámaras de fotografía convencionales para la medición de movimientos geológicos: errores del sistema y errores de reposicionamiento</p> | <p>En este trabajo se hace una primera aproximación al uso de cámaras de fotografía convencionales para la medición de movimientos geológicos. Dado que los movimientos geológicos en general se desarrollan a muy baja velocidad, resulta necesario tomar medidas en intervalos de tiempo grandes, lo que implica el reposicionamiento del equipo de medida. Para que este reposicionamiento tenga alguna garantía de fiabilidad se acoplará la cámara fotográfica a un teodolito con precisión de segundo de arco. Con este equipo de medida se analizará en primer lugar el error propio del sistema de medida de un punto estacionario y, posteriormente, el error tras el reposicionamiento para la segunda medida del mismo punto estacionario.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Instrumentación en Ingeniería geológica (49623), - Técnicas de investigación en Ingeniería Geológica (49636), - Estabilidad de taludes y laderas (49625) |
| <p>T2. Análisis comparativo del comportamiento frente al <i>slaking</i> de litologías carbonatadas tipo flysch en condiciones de laboratorio y en condiciones climáticas naturales</p> | <p>En este trabajo se pretende comparar el comportamiento frente al <i>slaking</i> de rocas carbonatadas tipo flysch, tanto en laboratorio como en condiciones climáticas naturales, observado su evolución durante un estudio experimental de un año. Las muestras de roca se ensayan en laboratorio con 5 ciclos del ensayo <i>slake durability test</i> (SDT). Otras muestras de las mismas rocas serán expuestas a condiciones climáticas naturales durante 12 meses y después de cada mes de la exposición, una muestra de cada una de las rocas se retirará de la exposición natural y se determinará su distribución granulométrica. Se compararán los índices Id1, Id2, Id3, Id4 e Id5 del ensayo SDT con las distribuciones granulométricas y con la ratio de desintegración (DR) (Gautamn and Shakoor, 2015). Asimismo, se intentará correlacionar estos resultados con la composición mineralógica, especialmente con el contenido en carbonatos obtenido de ensayos de calcimetría.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Mecánica de Rocas Avanzada (49614), - Técnicas de investigación en Ingeniería Geológica (49636) |
| <p>T3. Evaluación de la resistencia al fuego en los granitos del norte de Portugal</p> | <p>Los materiales pétreos sufren importantes cambios físicos y químicos al ser sometidos a altas temperaturas. En este trabajo éstos cambios sometiendo diversos grupos de probetas a diferentes temperaturas en una estufa. Posteriormente, las muestras serán ensayadas para determinar las variaciones de densidad, porosidad, módulos de elasticidad dinámico y estático y resistencia a compresión simple.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Mecánica de Rocas Avanzada (49614), - Técnicas de investigación en Ingeniería Geológica (49636), - Mecánica de Medios Continuos (49600) |

Tabla 1b. Relación de los trabajos tipo proyecto de ingeniería evaluados, en el que se incluye un resumen, así como las principales asignaturas relacionadas con éste y que han sido cursadas previamente.

| Trabajo | Resumen | Principales asignaturas relacionadas, cursadas previamente |
|---|---|--|
| T4. Estudio geotécnico, análisis y cálculo de los elementos de contención de la excavación de un edificio comercial en Logroño. | Estudio enmarcado en la construcción de un edificio comercial compuesto por 6 plantas sobre rasante más 3 plantas de sótano, en la ciudad de Logroño, en el cual se realiza el estudio geotécnico para la caracterización del terreno de cara a definir la tipología y dimensiones de las cimentaciones y obras de contención, así como la determinación de los problemas constructivos. A su vez se realiza un análisis de alternativas y cálculo de los elementos de sostenimiento de la excavación del edificio. | - Actuaciones geotécnicas especiales (49621), - Modelización geotécnica (49626), - Tecnología de estructuras geotécnicas (49602) - Dirección de proyectos y obras de Ingeniería Geológica (49635) |

Tabla 2. Relación de competencias básicas del Máster en Ingeniería Geológica de la Universidad de Alicante.

| Competencias básicas (CB) | |
|---------------------------|---|
| CB-01 | Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación |
| CB-02 | Capacidad para aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio |
| CB-03 | Capacidad para construir y liderar equipos multidisciplinares capaces de resolver cambios técnicos y necesidades directivas en contextos nacionales e internacionales, siendo capaz de adaptarse a los cambios y aplicar tecnologías nuevas y avanzadas con iniciativa y espíritu emprendedor |
| CB-04 | Capacidad para integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de emitir juicios y toma de decisiones, a partir de información incompleta o limitada, que incluyan reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas al ejercicio profesional |
| CB-05 | Capacidad de comunicación y síntesis de ideas complejas en el ámbito de la Ingeniería, así como los conocimientos y razones últimas que las sustentan, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades, tanto en ámbitos nacionales como internacionales |
| CB-06 | Poseer las habilidades del aprendizaje autónomo para mantener y mejorar las competencias propias de la Ingeniería Geológica que permitan el desarrollo continuo de la profesión |

Las competencias transversales las debe adquirir cualquier estudiante universitario y están presentes en todas las asignaturas que se imparten en esta titulación (Tabla 3).

Tabla 3. Relación de competencias transversales del Máster en Ingeniería Geológica de la Universidad de Alicante

| Competencias transversales (CT) | |
|---------------------------------|--|
| CT-01 | Capacidad de pensamiento creativo para desarrollar métodos nuevos y originales |
| CT-02 | Capacidad de trabajo en equipo |
| CT-03 | Capacidad para comunicarse en contextos internacionales |
| CT-04 | Capacidad para contribuir al futuro desarrollo de la Ingeniería Geológica |

Sin embargo, las competencias específicas son propias de esta ingeniería, las cuales los alumnos y alumnas deben adquirir durante sus estudios y son exigibles para otorgar el Título. Deben alcanzarse las competencias específicas reflejadas en la tabla 4a y 4b.

Tabla 4a. Relación de competencias específicas del Máster en Ingeniería Geológica de la Universidad de Alicante.

| Competencias específicas (CE) | |
|-------------------------------|--|
| CE-01 | Capacidad para abordar y resolver problemas matemáticos avanzados de ingeniería, desde el planteamiento del problema hasta el desarrollo de la formulación y su implementación en un programa de ordenador. En particular, capacidad para formular, programar y aplicar modelos analíticos y numéricos avanzados de cálculo, proyecto, planificación y gestión, así como capacidad para la interpretación de los resultados obtenidos, en el contexto de la Ingeniería Geológica |
| CE-02 | Conocimiento adecuado de aspectos científicos y tecnológicos avanzados de la Mecánica de los suelos y de las rocas |
| CE-03 | Capacidad para dirigir y gestionar la organización del trabajo y los recursos humanos aplicando criterios de seguridad, gestión de la calidad, prevención de riesgos laborales, sostenibilidad, y gestión medioambiental |
| CE-04 | Capacidad para realizar y gestionar la Investigación, Desarrollo e Innovación Tecnológica de forma autónoma, atendiendo a la transferencia de tecnología y los derechos de propiedad y de patentes |
| CE-05 | Capacidad para dirigir y supervisar todo tipo de actuaciones, obras, instalaciones, procesos, sistemas y servicios de las diferentes áreas de conocimiento relacionadas con la Ingeniería Geológica |
| CE-06 | Capacidad para el proyecto, ejecución, dirección e inspección de obras y estructuras geotécnicas, tales como estructuras de contención del terreno, cimentaciones superficiales y subterráneas, cimentaciones especiales, terraplenes y pedraplenes, desmontes y vaciados, diques y presas de tierra, túneles y otros espacios subterráneos |
| CE-07 | Capacidad para el proyecto, ejecución, dirección e inspección de obras de refuerzo, mejora y acondicionamiento del terreno, estabilización de taludes y laderas, así como de su instrumentación y monitorización |

Tabla 4b. Relación de competencias específicas del Máster en Ingeniería Geológica de la Universidad de Alicante.

| Competencias específicas (CE) | |
|-------------------------------|--|
| CE-08 | Capacidad para la redacción de estudios geotécnicos y de caracterización del terreno, el empleo de técnicas de prospección geofísica, instrumentación y monitorización geotécnica y la elaboración e interpretación de modelos geotécnicos integrales en obras de ingeniería civil y edificación |
| CE-09 | Capacidad para la realización de estudios y proyectos de intervención en obras e infraestructuras, incluidas las pertenecientes al patrimonio histórico o cultural, en lo correspondiente al terreno y su cimentación, incluyendo el análisis de las posibles patologías de naturaleza geológica o geotécnica y las soluciones técnicas necesarias para su corrección, protección y conservación |
| CE-10 | Capacidad para planificar y realizar estudios hidrológicos e hidrogeológicos y para diseñar, ejecutar e inspeccionar obras de captación de aguas subterráneas, así como su gestión, exploración, investigación y explotación |
| CE-11 | Capacidad para la realización de estudios y proyectos de planificación, evaluación y mitigación de riesgos naturales, ordenación y gestión sostenible del territorio, el medio geológico y los espacios subterráneos y urbanos vinculados a éste |
| CE-12 | Capacidad para el estudio, proyecto, ejecución y dirección de obras y actuaciones orientadas al tratamiento y almacenamiento de residuos urbanos, industriales o peligrosos (tóxicos, radioactivos), incluyendo la ubicación de vertederos controlados, su construcción y sellado, el control y tratamiento de lixiviados y la gestión integral de los procesos e instalaciones afines |
| CE-13 | Capacidad para realizar estudios de planificación, evaluación e impacto ambiental en el medio geológico e hidrogeológico, incluyendo la redacción y dirección de estudios y proyectos de acondicionamiento ambiental del medio geológico, tales como descontaminación de suelos y acuíferos, tratamiento, protección y recuperación de cauces, restauración del medio litoral y regeneración de playas, así como de entornos geológicos degradados |
| CE-14 | Capacidad para el estudio, concepción, proyecto, ejecución y dirección de obras y estructuras sismorresistentes, así como para la realización de estudios de caracterización y zonificación sísmica del terreno |
| CE-15 | Capacidad para la realización de modelos complejos del terreno asistidos mediante computador |
| CE-16 | Capacidad para el aprovechamiento económico de los materiales geológicos, el estudio de sus procesos de degradación y su utilización como reservorios o almacenes naturales, así como de conocer y aplicar los principales procedimientos de estimación de reservas, explotación y tratamiento de recursos minerales vinculados con el terreno |

La consecución de todas y cada una de las competencias posibilitará al estudiante la adquisición de la competencia específica relativa al Trabajo Fin de Máster (CE-TFM), que consiste en la “Realización, presentación y defensa de un ejercicio original realizado individualmente ante un tribunal universitario, consistente en un proyecto integral de Ingeniería Geológica de naturaleza científico-profesional en el que se sinteticen las competencias adquiridas en las enseñanzas”.

Las competencias específicas se adquieren tras cursar cada una de las asignaturas del plan de estudios e incluso, en ocasiones, algunas competencias en

concreto se pueden alcanzar en varias asignaturas. Sin embargo, el análisis que se hace en este trabajo se circunscribe únicamente a las competencias adquiridas en las asignaturas con mayor relación con el Trabajo Fin de Máster en cuestión (Tabla 5). Como es obvio, prácticamente todas las asignaturas, y por ende sus competencias asociadas, están relacionadas con cualquier trabajo de esta disciplina, aunque no con la intensidad de las aquí estudiadas.

Tabla 5. Relación de las asignaturas más relacionadas con cada trabajo presentado y las competencias específicas adquiridas tras haberlas cursado.

| Asignaturas más relacionadas con los trabajos presentados | Trabajos | Competencias específicas (CE) |
|--|------------|-------------------------------|
| Instrumentación en Ingeniería Geológica (49623) | T1 | CE-08, CE-15 |
| Técnicas de investigación en Ingeniería Geológica (49636) | T1, T2, T3 | CE-04 |
| Estabilidad de taludes y laderas (49625) | T1 | CE-07, CE-15 |
| Mecánica de Rocas Avanzada (49614) | T2, T3 | CE-02, CE-08 |
| Mecánica de Medios Continuos (49600) | T3 | CE-01 |
| Tecnología de estructuras geotécnicas (49602) | T4 | CE-06 |
| Actuaciones geotécnicas especiales (49621) | T4 | CE-05, CE-06, CE-07, CE-09 |
| Modelización geotécnica (49626) | T4 | CE-01, CE-15 |
| Dirección de proyectos y obras de Ingeniería Geológica (49635) | T4 | CE-03, CE-05 |
| Trabajo Fin de Máster | Todos | CE-TFM |

2.3. Instrumentos

Para la parte experimental, no se ha requerido de ningún instrumental específico para este trabajo, tan solo el habitual en los trabajos basados en entrevistas. Tampoco ha sido necesario utilizar ningún instrumental especial en la recopilación de información previa y establecimiento de relaciones entre competencias y asignaturas.

2.4. Procedimientos

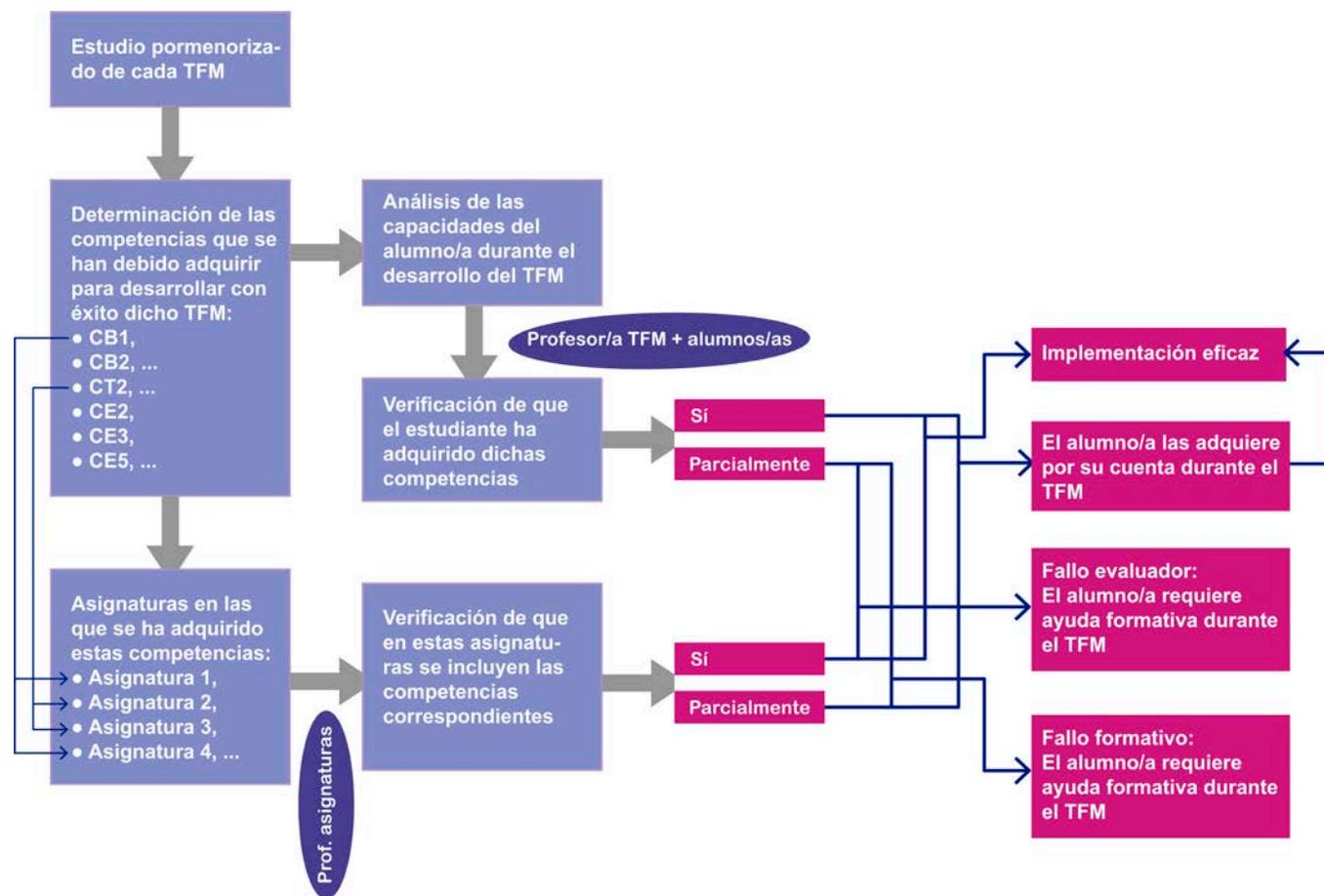
La metodología propuesta en este trabajo de investigación está basada en una doble verificación de la adquisición de competencias y, al contrario que en otros estudios, no está basada en la opinión del tribunal que juzga los trabajos fin de máster. En primer lugar, se realiza un estudio pormenorizado de cada Trabajo Fin de Máster (TFM) analizado, determinando las competencias que se han debido adquirir para desarrollar con éxito dicho TFM. Estas competencias se clasifican en básicas,

transversales y específicas y se han debido adquirir en asignaturas cursadas previamente que están relacionadas con cada trabajo en particular. Una vez seleccionadas las asignaturas mayormente involucradas en cada TFM en particular se deducen las competencias, sobre todo las específicas, adquiridas en cada una de ellas, así como las competencias derivadas del desarrollo del TFM y adquiridas a través de la interrelación director-estudiante.

A partir de este momento, la metodología empleada sigue dos caminos diferentes. Por una parte, se analiza las capacidades del alumno/a durante el desarrollo del TFM a través de dos mecanismos de verificación diferentes. Para ello, inicialmente, se entrevista al profesor que dirige el trabajo, incidiendo en las siguientes cuestiones: a) ¿el estudiante ha adquirido todas las competencias para desarrollar adecuadamente su trabajo b) en caso de necesitar adquirir alguna otra competencia específica complementaria para el adecuado progreso del trabajo ¿las consigue con facilidad al haber adquirido todas las anteriores tras haber cursado previamente las asignaturas relacionadas con el TFM? De la misma manera y con las mismas cuestiones se verifica este aspecto a través de entrevistas con los estudiantes implicados. Obviamente, la respuesta a estas preguntas solo puede ser “sí” o “parcialmente” pues un “no imposibilitaría que el alumno o alumna pudiese llevar a término el trabajo. La otra verificación que se debe hacer y que completa la metodología, consiste en confirmar que en las asignaturas cursadas con anterioridad los estudiantes han adquirido las competencias necesarias para el desarrollo de cada trabajo. En este caso, la verificación se realiza a través de una entrevista con el profesor que ha impartido las asignaturas relacionadas con cada trabajo específico, incidiendo en las dos que son determinantes para la su consecución, es decir, “Técnicas de investigación en Ingeniería Geológica” y “Dirección de Proyectos y Obras de Ingeniería Geológica” (Figura 1).

Según los resultados de la doble verificación a las que ha sido sometido cada uno de los trabajos, se pueden dar cuatro situaciones diferentes. Si la doble verificación realizada arroja un resultado doblemente positivo, se considerará que el Trabajo Fin de Máster se habrá implementado de forma eficaz, y por ende la titulación en su conjunto, según reza en el supuesto de esta investigación. Si la verificación de las competencias adquiridas para el correcto desarrollo del trabajo es positiva y la verificación a través de las competencias de las asignaturas cursadas con anterioridad nos dice que éstas se han adquirido de forma parcial, denotaría que el alumno/a las alcanza por su cuenta durante el transcurso de su TFM, por lo que también se podría concluir que la implementación

Figura 1. Esquema metodológico seguido en este trabajo de investigación.



ha sido eficaz. En esta combinación de verificaciones, también se puede dar un fallo evaluador. Esta situación se daría cuando el estudiante presenta déficits en algunas competencias, a pesar de que el profesor o profesora de la asignatura donde debiera haberlas adquirido asegure que sí estaban incluidas en su plan docente. Por último, en el caso de que ambas verificaciones den como resultado que las competencias se han adquirido de forma parcial, significaría un fallo formativo que derivaría claramente en que el alumno o alumna requeriría de ayuda formativa durante el transcurso de su TFM. En este caso, la implementación tampoco sería eficaz (Figura 1).

3. RESULTADOS

Siguiendo el proceso metodológico expuesto en el apartado anterior, se han evaluado cuatro trabajos Fin de Máster de tres alumnos y una alumna, consistentes en tres trabajos de investigación y un proyecto de Ingeniería Geológica de índole profesional. En los trabajos son trabajos de investigación analizados, se ha hecho especial hincapié en la verificación de las competencias adquiridas en la asignatura “Técnicas de investigación en Ingeniería Geológica”. Dicha asignatura incluye aspectos tales como: metodología científica, ética científica, I+D+i, proyectos de investigación, fuentes de información, la Tesis Doctoral, captación de recursos de financiación, empresas de base tecnológica y un trabajo tutelado de investigación. A parte de aportar a la formación del alumno seis competencias básicas y cuatro transversales, esta materia incluye una competencia específica imprescindible para los Trabajos Fin de Máster de tipo investigador, a saber: capacidad para realizar y gestionar la investigación, desarrollo e innovación tecnológica de forma autónoma, atendiendo a la transferencia de tecnología y los derechos de propiedad y de patentes. Análogamente, en la evaluación de los trabajos de índole profesional, se ha incidido en la verificación de las competencias adquiridas en la asignatura “Dirección de Proyectos y Obras de Ingeniería Geológica”, que aporta a la formación del ingeniero cinco competencias básicas, tres transversales y dos específicas: a) capacidad para dirigir y gestionar la organización del trabajo y los recursos humanos aplicando criterios de seguridad, gestión de la calidad, prevención de riesgos laborales, sostenibilidad y gestión medioambiental b) capacidad para dirigir y supervisar todo tipo de actuaciones, obras, instalaciones, procesos, sistemas y servicios de las diferentes áreas de conocimiento relacionadas con la Ingeniería Geológica.

Los resultados de este trabajo de investigación derivados de aplicar esta metodología de la doble verificación a los TFM evaluados se plasman en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados de la implementación del TFM a partir de la metodología de la doble verificación.

| Trabajo | Verificación de que el estudiante ha adquirido las competencias necesarias | | Verificación de que las asignaturas cursadas previamente incluyen las competencias correspondientes | Resultado de la evaluación |
|---|--|----------------------------|---|----------------------------|
| | Análisis con el profesor | Análisis con el estudiante | | |
| T1. Uso de cámaras de fotografía convencionales para la medición de movimientos geológicos: errores del sistema y errores de reposicionamiento | SÍ | SI | SÍ | Implementación eficaz |
| T2. Análisis comparativo del comportamiento frente al <i>slaking</i> de litologías carbonatadas tipo flysch en condiciones de laboratorio y en condiciones climáticas naturales | SÍ | SI | SÍ | Implementación eficaz |
| T3. Evaluación de la resistencia al fuego en los granitos del norte de Portugal | SÍ | SI | SÍ | Implementación eficaz |
| T4. Estudio geotécnico, análisis y cálculo de los elementos de contención de la excavación de un edificio comercial en Logroño. | SÍ | SI | SÍ | Implementación eficaz |

Si bien el resultado obtenido es alentador, ni mucho menos debe considerarse como definitivo, pues la evaluación se ha realizado sobre un número de trabajos muy reducido.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo de investigación se ha desarrollado una metodología que permite evaluar la implementación eficaz del Master Universitario Oficial en Ingeniería Geológica a través de la evaluación del Trabajo Fin de Máster. Dicha metodología está basada en la doble verificación de las competencias adquiridas por los alumnos y alumnas en el momento de desarrollar su Trabajo Fin de Máster, a través de la

evaluación llevada a cabo por el profesorado tutor y el alumnado de TFM, así como del profesorado involucrado en las asignaturas relacionadas con los trabajos correspondientes y que han sido cursadas anteriormente.

Los resultados preliminares permiten afirmar que se ha llevado a cabo una implementación eficaz de la titulación. No obstante, el estudio debe ampliarse con más casos y, a ser posible, incorporar trabajos de índole profesional.

Por otra parte, esta metodología puede exportarse fácilmente a cualquier otra titulación de Ingeniería, donde el éxito en el Trabajo Fin de Master implica que las competencias de la titulación se han adquirido eficazmente.

5. DIFICULTADES ENCONTRADAS

Los miembros de la red han disertado ampliamente, al principio del proyecto, acerca de la mejor metodología para validar la implementación eficaz de la titulación mediante la valoración de la adquisición de competencias a través del trabajo Fin de Máster, descartando entre otras la opción de la valoración a través del tribunal que juzga dichos trabajos. Una vez superado este escollo inicial no ha habido ninguna dificultad digna de mención.

6. PROPUESTAS DE MEJORA

Tal y como se ha comentado en la discusión de los resultados, la metodología ha quedado validada y los resultados obtenidos han sido altamente satisfactorios. Sin embargo, la muestra estudiada es muy pequeña, además de darse la circunstancia de que todos los estudiantes son de la misma promoción. La fortaleza del resultado sería mayor si la muestra se ampliara a más alumnos y a otras promociones.

7. PREVISIÓN DE CONTINUIDAD

Si bien los resultados preliminares obtenidos son alentadores y permiten afirmar que se ha llevado a cabo una implementación eficaz de la titulación, ni mucho menos deben considerarse como definitivos, pues la evaluación se ha realizado sobre un número de Trabajos Fin de Máster muy reducido. Es por ello que, si se pretende obtener conclusiones definitivas, el estudio debe ampliarse con más casos y, a ser posible, incorporar más trabajos de índole profesional. Sin embargo, no consideramos de interés ampliar el proyecto de investigación a través la continuidad en futuras ediciones del

Programa Redes, pues el objetivo de la red ha sido la implementación de una metodología de evaluación que sea viable, objetivo que ha sido cubierto. No obstante, si los miembros de la red somos capaces de completar el estudio, se podría explorar la posibilidad de publicar los resultados en una revista de investigación del ámbito docencia universitaria. Sin embargo, también se puede abrir otra vía, que consistiría en exportar esta metodología a otras titulaciones de ingeniería, incluso de fuera de la Universidad de Alicante, con el fin de aumentar el número de casos a estudiar y así poder validarla adecuadamente. En este caso sí que creemos viable la solicitud de un proyecto de investigación en el marco del programa Redes.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cano, M., Bañón, L., Tomás, R., García-Barba, J., Tenza, A.J., Cerdá, A., Andreu, J.M., Ferreiro, J.I., Sirvent, A., Torrejón, J.M., Boluda, M. (2013). Desarrollo curricular del máster universitario oficial en Ingeniería Geológica. En J.D. Álvarez, M. Tortosa, y N. Pellín (Coords.) La Producción Científica y la Actividad de Innovación Docente en Proyectos de Redes. (pp. 1260-1280). ICE. Universidad de Alicante.
- Cano, M., García-Barba, J., Bañón, L., Tomás, R., Tenza, A.J., Valdés-Abellán, J. (2014) Implementación del contenido de las asignaturas del Máster de Ingeniería Geológica. En Álvarez Teruel, J.D., Tortosa Ybáñez, M.T. y Pellín Buades, N. (Coords.) Investigación y Propuestas Innovadoras de Redes UA para la Mejora Docente. (pp. 725-747). ICE. Universidad de Alicante.
- Cano, M., Tomás, R., García-Barba, J., Bañón, L., Riquelme, A.J., Murcia, I. (2016). Evaluación de la implementación de las guías docentes de las asignaturas del ámbito de la Ingeniería del Terreno del Máster en Ingeniería Geológica. En Álvarez Teruel, J.D.; Grau Company, S. y Tortosa Ybáñez, M. T. y. (Coords.) Innovaciones metodológicas en docencia universitaria: resultados de investigación. (pp. 417-437). Alicante: Universidad de Alicante, Vicerrectorado de Estudios, Formación y Calidad, Instituto de Ciencias de la Educación (ICE),.
- European Quality Assurance Network for Informatics Education (2011). Framework Standards and Accreditation Criteria for Informatics Programs. Düsseldorf Germany: EQANIE (Ed)

- Martínez, M. A. Carrasco, V. (2007). La multidimensionalidad de la educación universitaria. *Redes de Investigación Docente - Espacio Europeo de Educación Superior*, Vol. I (pp. 281-305), Universidad de Alicante, Editorial Marfil.
- Ministerio de Educación y Ciencia. (2007). Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales. BOE núm. 260, de 30/10/2007.
- NCES. (2002). *Defining and Assessing Learning: Exploring Competency-Based Initiatives*. Disponible en: <http://nces.ed.gov/pubs2002/2002159.pdf>. Consulta: julio 2016.
- The Quality Assurance Agency for Higher Education (2010). *Master Degree Characteristics*. Gloucester. United Kingdom: The Quality Assurance Agency for Higher Education (Ed)
- Valderrama, E., Rullán, M. Sánchez, F., Pons, J., Cores F. & Bisbal J. (2009). La evaluación de competencias en los Trabajos Fin de Estudios. XV Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática. Pp. 405-412 Barcelona
- Voorthees, R. (2001). *Measuring what matters: competency-based learning models*. Higher Education. Jossey Bass.
- VV. AA. (2008). Acuerdo de la Comisión Interuniversitaria de la Titulación de Ingeniería Geológica por el que se proponen las condiciones a las que deberán adecuarse los nuevos planes de estudios conducentes a la obtención de títulos que faculten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Geólogo. 4 de septiembre de 2008
- VV. AA. (2009). Proyecto Tuning. Una introducción a Tuning Educational Structures in Europe. Disponible en: http://www.unideusto.org/tuningeu/images/stories/Publications/Tuning_brochure_en_espanol_listo.pdf. Consulta: julio 2016
- VV. AA. (2011). Memoria para la solicitud de verificación del título de Máster Universitario en Ingeniería Geológica, Universidad de Alicante.