

Tareas básicas y contenido de los anejos de Geología y Geotecnia de los TFT en las titulaciones de ingeniería civil

Alejandro Lomoschitz ^a, Juan R. Jiménez ^{*a}, Miguel A. Franesqui ^a

^a Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles, Campus de Tafira 35017, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España.

RESUMEN

Los Trabajos Fin de Título (TFT) de las titulaciones de ingeniería civil, en su modalidad de “trabajos de carácter profesional directamente relacionados con los estudios cursados”, deben incluir anejos específicos de Geología y Geotecnia, cuya elaboración resulta en ocasiones compleja para los estudiantes por varios motivos. Los más determinantes son el tiempo transcurrido entre la impartición de las asignaturas de Geología y Geotecnia y el comienzo del TFT, que resulta en ocasiones excesivo, y la falta de acceso a equipos de perforación y ensayo, necesarios para estudiar el terreno, pero que exceden sus posibilidades económicas. A modo de directrices orientadoras para tutores y estudiantes, se han considerado cuatro tareas básicas que permitan elaborar y redactar estos anejos, de forma razonada, ordenada y adecuada a cada proyecto. Además, se propone un índice-guía que consta de nueve apartados. Por último, con dicha propuesta, se pretenden aproximar las buenas prácticas profesionales a la enseñanza universitaria.

Palabras clave: TFT, Geología, Geotecnia, Proyectos de ingeniería, Ingeniería Civil.

1. INTRODUCCION

Las escuelas de ingenieros de España tienen una larga experiencia en trabajos fin de estudios, los tradicionales Proyectos Fin de Carrera (PFC). Con la adaptación de los estudios universitarios al EEES (Espacio Europeo de Educación Superior), las enseñanzas universitarias oficiales en España han sido reguladas mediante el Real Decreto 1393/2007 [1] y el Real Decreto 861/2010 [2], que ha establecido que todas las enseñanzas concluirán con la elaboración y defensa de un Trabajo Fin de Título (TFT) que ha de formar parte del plan de estudios y deberá estar orientado a la evaluación de las competencias asociadas al título.

2. DIFICULTAD DE LOS ESTUDIOS DEL TERRENO

La elaboración de los anejos de Geología y Geotecnia presenta una dificultad añadida, respecto a otros apartados de los TFT del Grado en Ingeniería Civil. La dificultad depende de los siguientes requisitos: a) obtener información del terreno, para lo cual es necesario recopilar una información previa y realizar trabajos de campo; b) tener unos buenos conocimientos de los conceptos, métodos y técnicas propios de la Geología aplicada y la Geotecnia; y c) adquirir cierta soltura para combinar la información cartográfica, los datos de campo y los resultados de laboratorio, de forma que permitan obtener las condiciones geotécnicas del terreno respecto a una construcción o proyecto propuesto.

Como norma general, los reconocimientos del terreno se realizan en fases de precisión creciente y el grado de detalle que se requiere depende del objetivo que se pretende [3]. Dadas las limitaciones de tiempo y de medios materiales propios de un TFT de un Grado en Ingeniería, la fase que podría alcanzarse sería la de un Estudio previo o, tal vez, la de un Estudio informativo de un proyecto real. No obstante, algunos apartados pueden llegar a profundizar o desarrollarse más.

[*juan.jimenez@ulpgc.es](mailto:juan.jimenez@ulpgc.es); phone +34 928 398956

En los últimos años en la Universidad hemos prestado especial atención a este tema y ha sido objeto de comunicación y debate en diversos foros de innovación educativa [4], [5]. Ahora presentamos un resumen de las ideas, ya maduras.

3. TAREAS BÁSICAS PARA ELABORAR LOS ANEJOS DE GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

Para la redacción de los anejos de Geología y Geotecnia (y los apartados de la Memoria descriptiva) se proponen cuatro tareas básicas:

- (1) Recopilación y estudio de información previa.
- (2) Trabajos de campo.
- (3) Obtención de parámetros geotécnicos.
- (4) Índice del anejo de Geología y Geotecnia, contenidos necesarios.

3.1 Recopilación y estudio de información previa

En esencia consiste en la búsqueda y consulta de documentación cartográfica y escrita que pudiera resultar de utilidad. Permite ordenar la información disponible al comienzo de los trabajos y plantear correctamente las demás tareas, en función del tema del proyecto. Según el tipo de información, puede obtenerse de las siguientes fuentes:

- Cartografía topográfica: IGN (Instituto Geográfico Nacional): [www.ign.es]; Google Maps y para Canarias en concreto: GRAFCAN: [<http://visor.grafcan.es/visorweb/>].
- Ortofotos disponibles: GRAFCAN: [<http://visor.grafcan.es/visorweb/>]; IGN.
- Modelos digitales del terreno (MDT) con visualizador: Google Earth; GRAFCAN.
- Mapas Geológicos (hojas y memorias): E. 1:25.000 ó 1:50.000 del IGME (Instituto Geológico y Minero de España): [www.igme.es].
- Mapa Geotécnico de Canarias E. 1:25.000 [Gobierno de Canarias, GRAFCAN: [<http://visor.grafcan.es/visorweb/>].
- Mapas, ortofotos y fotos antiguas, en su caso: Para Canarias, GRAFCAN: [<http://visor.grafcan.es/visorweb/>], Memoria Digital de Canarias-ULPGC [<http://mdc.ulpgc.es/>].
- Información hidrológica (red y cuencas hidrográficas, caudales) e hidrogeológica (parámetros de las unidades hidrogeológicas, niveles freáticos) [Cabildos insulares, Consejos insulares de aguas: [<http://www.aguasgrancanaria.com/>], [<http://aguastenerife.org/>].
- Localización de yacimientos y canteras de interés: Ministerio de Industria y Energía.
- Información geológica y geotécnica de proyectos y obras próximas: Oficinas técnicas de organismos públicos y consulta a empresas y a particulares.

3.2 Trabajos de campo

Tienen como objetivo hacer un reconocimiento visual de la zona del proyecto, contrastar la información previa y hacer una descripción de los materiales geológicos que atraviesa la traza o que están presentes en el emplazamiento de la obra. Básicamente, hay que realizar tres tipos de tareas:

- 1) **Recorrido por la traza.** Consiste en seguir un itinerario “imaginario” por donde discurrirá o se emplazará el proyecto.
- 2) **Identificación de rocas y suelos.** Habitualmente consiste en un reconocimiento de la superficie del terreno, que se concentra en aquellos puntos o zonas de afloramiento donde el subsuelo queda expuesto. Como punto de partida, los mapas geológicos del IGME (Instituto Geológico y Minero de España) dan información valiosa de los materiales geológicos principales de cada zona.
- 3) **Identificación de zonas peligrosas.** A lo largo de la traza o zona de proyecto deben identificarse aquellas zonas afectadas por desprendimientos o deslizamientos; zonas inundables o con problemas de escorrentía de

agua superficial o subterránea; y zonas afectadas por hundimientos del firme o por fallos de estructuras de contención, de drenaje o de paso.

3.3 Obtención de parámetros geotécnicos

Los parámetros geotécnicos (Tabla 1) son necesarios principalmente para el cálculo de cimentaciones de las estructuras de un proyecto. Las estructuras más comunes son: edificaciones, obras de paso, estructuras de contención, obras de drenaje, conducciones hidráulicas, depósitos y silos.

En un segundo grupo están otras de mayor complejidad: grandes puentes y viaductos, túneles y cavernas, embalses y presas, y las propias de obras portuarias. Además, la geotecnia vial (de carreteras y ferrocarriles) utiliza parámetros del terreno de cimiento, de los taludes excavados y de los rellenos estructurales (terraplenes, pedraplenes y escolleras).

Tabla 1. Parámetros geotécnicos básicos de suelos y rocas empleados para el cálculo de cimentaciones de estructuras y para Geotecnia Vial.

Ámbito de aplicación	Suelos	Rocas
Cimientos de estructuras	Pesos específicos Cohesión Angulo de rozamiento interno Módulos de deformación Coeficiente de Poisson	Pesos específicos Resistencia a compresión simple Fracturación (RQD, RMR) Módulo de Young
Geotecnia vial	Pesos específicos Cohesión Angulo de rozamiento interno Módulos de carga con placa CBR Pesos específicos y humedades óptimos de compactación	Pesos específicos Resistencia a compresión simple Fracturación (RQD, RMR) Módulo de Young

Salvo excepciones, para un TFT es difícil realizar todos los ensayos geotécnicos que serían necesarios para obtener estos parámetros geotécnicos. Por ello, se suelen emplear parámetros orientativos provenientes de guías o manuales técnicos y que permiten hacer cálculos estimativos.

3.4 Índice del anejo de Geología y Geotecnia, contenidos necesarios.

Para el alcance de un TFT se puede agrupar toda la información en un solo anejo de Geología y Geotecnia. Aquí se propone un índice general, de carácter orientativo. Se enumeran a continuación una serie de apartados que formarían dicho índice junto con los contenidos necesarios.

1. **Introducción.** Consistirá en una breve descripción del proyecto y los objetivos del anejo.
2. **Información previa.** Consistirá en una descripción de los antecedentes e información preexistente.
3. **Contexto geológico general.** La referencia al marco geológico siempre debe aparecer, aunque su extensión puede ser variable.
4. **Aprovechamiento de materiales y canteras.** En todo proyecto de ingeniería civil debe hacerse una previsión de los materiales pétreos que estarán disponibles, provenientes de las excavaciones, o bien de las canteras próximas.
5. **Condiciones geomorfológicas e hidrológicas.** Deben describirse los elementos principales del relieve que aparecen en el trazado o zona del proyecto y la red hidrográfica que afecta al mismo.

6. **Condiciones geológico-geotécnicas e hidrogeológicas.** A partir de los trabajos de campo, descritos con anterioridad, debe obtenerse una idea lo más clara posible de: a) los tipos de suelos y rocas que aparecerán en la traza o zona del proyecto; b) los puntos o zonas problemáticas de tipo geotécnico; c) las zonas con manantiales de agua o niveles freáticos poco profundos, si las hubiera.
7. **Descripción geotécnica del terreno.** Una vez dividido el terreno en unidades litológicas (tipos de rocas y suelos) o estratigráficas (estratos o capas del subsuelo) se debe añadir una descripción geotécnica de cada tipo de terreno.
8. **Cálculos geotécnicos para las cimentaciones.** Abarcan dos aspectos: a) la resistencia a rotura del terreno, expresada por la presión de hundimiento (qh), y b) la deformabilidad del terreno, expresada por los asientos (S).
9. **Propuesta de estudio geotécnico para construcción.** Como, por lo general, para elaborar un TFT no se dispone de medios materiales ni presupuesto para realizar un estudio geotécnico específico, una alternativa razonable consiste en redactar una propuesta de estudio geotécnico, que sería necesario realizar antes de ejecutar la obra.

4. CONCLUSIONES

En este artículo se plantea la necesidad de elaborar adecuadamente los anejos de Geología y Geotecnia de los TFT de las titulaciones de Ingeniería Civil. Para ello se proporciona una guía para tutores y estudiantes que resuelva la carencia existente. De la experiencia (docente y aplicada) se han propuesto cuatro tareas básicas y un índice-guía con nueve capítulos para su elaboración.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ministerio de Fomento, [Guía de cimentaciones en obras de carretera], Cap. 3 Reconocimiento del terreno, Dirección General de Carreteras, Madrid, 31-71 (2003).
- [2] Ministerio de Educación, Real Decreto 861/2010, de 2 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales, 58454-58468 (2010).
- [3] Lomoschitz A., Jiménez J.R. y Franesqui M.A., “Ideas sobre una guía metodológica básica para la redacción de los anejos de Geología y Geotecnia de los TFT de las titulaciones de ingeniería civil”, CUIEET 2014, XXII Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas, Almadén, 15 pp. (2014).
- [4] Menéndez-Pidal, I., Lomoschitz A., Franesqui M.A., Jiménez J.R. y Sanz E., “Didáctica en los anejos de Geología y Geotecnia de los TFT de las titulaciones de ingeniería civil: bases metodológicas”, CUIEET 2015, XXIII Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas, Valencia, 14 pp. (2015).