

# NUEVO ENFOQUE MULTIDISCIPLINAR EN EL PROYECTO DE FIN DE CARRERA EN INGENIERÍA CIVIL. EXPERIENCIA EN LA UEM

A MULTIDISCIPLINARY FINAL PROJECT IN CIVIL ENGINEERING. UEM EXPERIENCE

NOUVELLE APPROCHE MULTIDISCIPLINAIRE POUR LE MÉMOIRE DES ÉTUDES UNIVERSITAIRES D'INGÉNIEURIE CIVILE. EXPERIENCE AU SEIN DE L'UEM

Miguel Ángel Millán Muñoz  
José María Medina Villaverde  
Universidad Europea de Madrid

## RESUMEN.

*En el Departamento de Ingeniería Civil de la UEM se ha tratado de aproximar la experiencia del Proyecto Fin de Carrera a la realidad profesional, mediante la creación de equipos multidisciplinares que resuelvan un “proyecto global” de desarrollo de una zona determinada mediante obras civiles que dependen unas de otras. Este proyecto se realiza en dos fases. La primera fase es un “Anteproyecto multidisciplinar en grupo” (que constituye el enfoque innovador). Cada alumno se constituye en experto de una de las disciplinas implicadas y, entre todos, estudian un conjunto de alternativas interrelacionadas que respondan de forma óptima a las necesidades del problema, eligiendo la mejor. La solución elegida para cada disciplina se desarrolla ya individualmente en una segunda fase, constituyendo esta la redacción del proyecto de construcción clásico. Como ejemplo, se han proyectado puertos deportivos incluyendo una playa como medida compensatoria al impacto en la costa, con el correspondiente desarrollo urbanístico, con accesos mediante una carretera que salva un cauce con un viaducto. Esta innovación ha presentado sus fortalezas obvias, pero también debilidades (muchas relacionadas con la implementación práctica), ofreciendo en conjunto una gran oportunidad de aprendizaje mucho más completa, en la opinión de los autores, que el concepto clásico.*

## PALABRAS CLAVE:

Proyecto Fin de Carrera, innovación docente, aprendizaje colaborativo, exposición pública, enfoque multidisciplinar.

## ABSTRACT.

*Real practice in Engineering Project development is tried to be implemented at the Civil Engineering Department of the Engineering School in UEM. Multidisciplinary teams have been defined to develop certain geographical areas by a complex, civil engineering project, where different constructions are inter-dependent. The student's project is made in two different phases. The first one is a Multidisciplinary Preliminary*

*Project (which is the more innovative part). Each student becomes an “expert” in a particular civil engineering discipline involved in the Project. All together should study a number of choices for the different constructions in order to select the better in a global sense. The final choice in each discipline is later developed as a classic Construction Project in the second phase. As an example, one project may content a marina, including the coastal rehabilitation, the urban development with different road access and the corresponding structures, as a bridge, to cross a river. This new procedure for the final Project has many strengths but also weaknesses (many of them related to the practical implementation), offering a great chance for the student to learn in a global way, in the authors’ opinion, than using the classic procedure.*

**KEY WORDS:**

Final Project, teaching innovation, collaborative learning, public exposition, multidisciplinary approach

**RÉSUMÉ :**

*Dans le département de génie civil de l'UEM nous avons essayé de rapprocher l'expérience du mémoire à la réalité professionnelle grâce à la création d'équipes multidisciplinaires visant à résoudre un projet global de développement d'une zone à travers des constructions civiles qui dépendent les unes des autres. Ce projet est réalisé en deux phases. La première est un avant-projet pluridisciplinaire en groupe (approche innovante). Chaque étudiant est un expert dans l'une des disciplines impliquées dans le projet global et ils analysent un ensemble de solutions corrélées qui répondent de façon optimale aux besoins du problème, en choisissant la meilleure. La solution retenue pour chaque discipline est développée individuellement dans une deuxième phase, et devient la rédaction du mémoire. À titre d'exemple, on a projeté des ports de plaisance qui incluent une plage comme mesure compensatoire à l'impact sur la côte, avec le développement urbain correspondant, dont les accès sont résolus avec une route qui sauve une voie fluviale au moyen d'un viaduc. Cette innovation a évidemment présenté ses atouts, mais aussi ses faiblesses (certaines d'entre-elles sont liées à l'application pratique), ce qui donne dans l'ensemble, d'après les auteurs, une excellente occasion d'apprendre beaucoup plus complète que la notion classique.*

**MOTS CLÉS:**

Mémoire, innovation dans l'enseignement, apprentissage en groupe, exposition publique, approche multidisciplinaire.

## 1. CARACTERÍSTICAS DEL PFC CLÁSICO

El Proyecto Fin de Carrera (PFC en adelante) clásico consiste en la redacción por parte del alumno de un Proyecto de Construcción, elegido por él entre los ofertados por el Departamento al que pertenece, con el seguimiento y la dirección de un tutor, con el que se relaciona individualmente de forma periódica.

Los objetivos formativos del PFC son muy claros. El principal es realizar una actividad final de carrera donde haga una revisión y aplicación práctica de todo lo aprendido en los cursos previos (si bien restringida en general a una especialidad) muy ligada a la actividad profesional futura. En este caso, se trata de realizar un diseño construible de una obra civil, con formato y con profundidad parecida a la real. Lateralmente, se desarrollan también competencias transversales, como la capacidad de estudio e investigación independiente y la capacidad de comunicación en público, ya que el PFC debe finalmente defenderse ante un tribunal.

Sin embargo, a pesar de estas buenas y largamente probadas ventajas formativas, los autores consideran que hay aspectos no aprovechados en esta actividad tan importante para los alumnos de una ingeniería y que podrían desarrollarse si se introducen algunas modificaciones en el mismo. Con las modificaciones que se describen a continuación se trabajan dos aspectos añadidos a los anteriores:

- Trabajo multidisciplinar y en equipo: no hay trabajo en la ingeniería moderna que no sea realizado por un equipo de profesionales multidisciplinar, cada uno de ellos experto en uno de los aspectos que afectan al problema y cuya solución debe encontrarse como un compromiso óptimo entre distintas soluciones, todas ellas ingenierilmente válidas.
- Revisión global de la carrera, ya que al integrarse el alumno en un grupo que busca una solución global, debe poner en uso todos los conocimientos adquiridos, no solo de su especialidad, sino de todas las que intervienen.

## 2. ORGANIZACIÓN DEL PFC-CIVIL EN LA UEM: EL CONCEPTO DEL ANTEPROYECTO GLOBAL COORDINADO

Como se ha adelantado en el apartado anterior, la configuración del PFC en el Dpto. de Ingeniería Civil en la UEM incluirá una fase de trabajo multidisciplinar. Para ello, la redacción del PFC consta de dos fases bien diferenciadas:

1. Redacción de un Anteproyecto Global Coordinado por un grupo de alumnos que trabajan sobre un área física determinada, cada uno con el papel de especialista en un área de la Ingeniería Civil. Este Anteproyecto se defenderá ante tribunal y su aprobación permite a cada alumno desarrollar su alternativa elegida como Proyecto de Construcción clásico.
2. Desarrollo del Proyecto individual de la alternativa elegida del área de especialidad de cada alumno. Deberá asimismo ser presentado y defendido al final, si bien en este caso, será en forma de poster.

Como ilustración del concepto de Anteproyecto Global Coordinado, se presenta en la figura 2 un ejemplo de problema propuesto: desarrollo de un resort turístico en una zona costera. Esta actuación, considerada de forma global y suponiendo que todo está por desarrollar, necesita que se proyecten muy diversos tipos de actuaciones: puertos deportivos, obras costeras de mejora y protección de playas, nuevas carreteras de acceso, planes urbanísticos de ordenación, estructuras de edificación (centros comerciales, aparcamientos subterráneos, etc.) y obra civil (puentes, túneles, etc.), así como obras de abastecimiento, saneamiento y depuración.



figura 1 Ejemplo de Anteproyecto Global Coordinado: Desarrollo de un resort turístico en zona costera.

Todo o parte de ello puede ser desarrollado por un grupo de alumnos que elige esta actuación como objetivo de su anteproyecto.

En la figura 2 y la figura 2 se esquematiza el proceso de desarrollo del PFC.

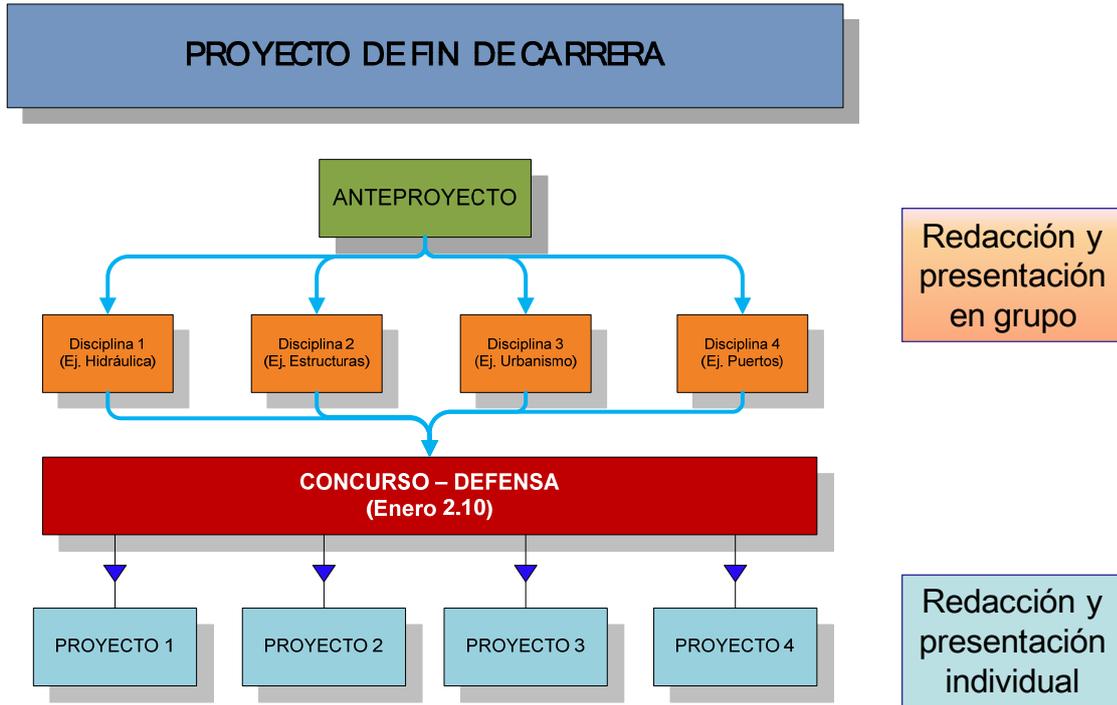


figura 2 Esquema de organización del PFC en dos fases: Anteproyecto común y Proyecto individual

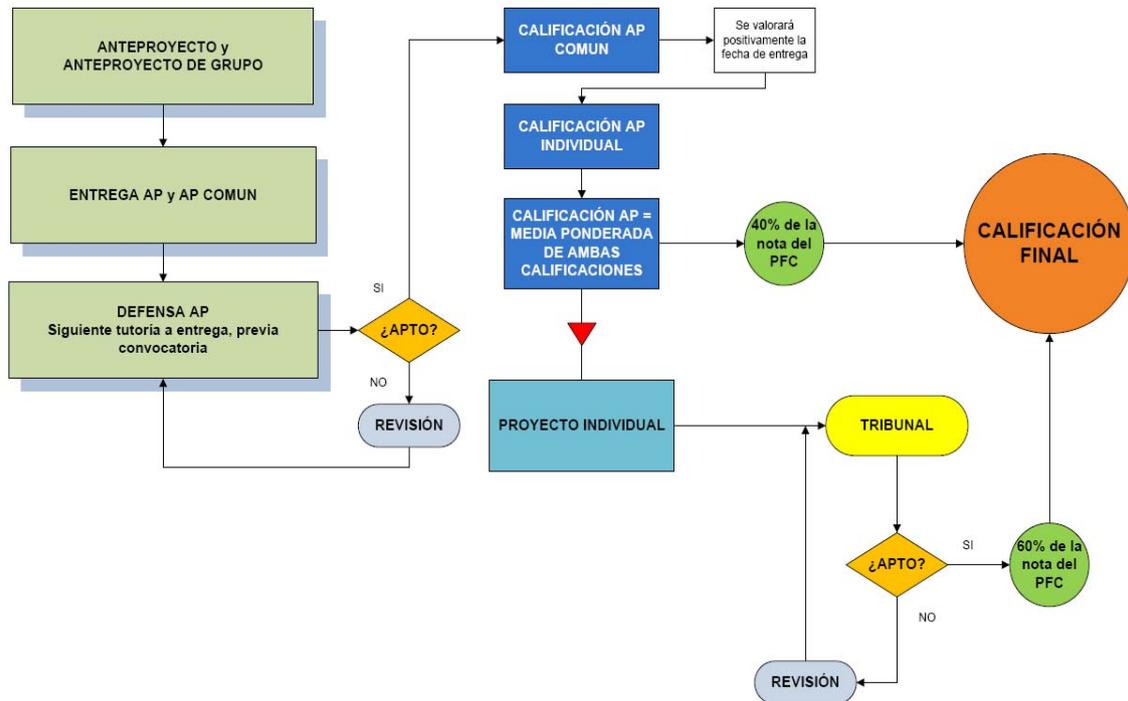


figura 3 Diagrama de flujo del PFC

En esta primera fase se intenta conseguir unos objetivos concretos:

- Fijar conceptos técnicos aprendidos a lo largo de toda la carrera y pertenecientes a distintas especialidades. Aprender a ver la relación e interdependencia entre todas las actuaciones de la Ingeniería Civil.
- Aprender sistemas de trabajo
- Enfrentar al alumno a una situación muy similar a las que tendrá en breve, pero sin más responsabilidades que afrontar una calificación
- Aprender a trabajar en equipo, a ayudar a sus compañeros y a dejarse ayudar por ellos

### 3. TUTORIZACIÓN Y SEGUIMIENTO

Se realizan clases de seguimiento y tutorías quincenales OBLIGATORIAS.

Para la fase de Anteproyecto, las tutorías se realizan por especialidad, no por grupos de Anteproyecto. Es decir, los alumnos de una determinada especialidad (p. ej. Carreteras) asistirán a un mismo grupo de tutoría, aunque sean de grupos de anteproyectos diferentes. Se asigna un profesor especialista por cada grupo de unos 5-10 alumnos. Además, estará disponible de forma continua el campus virtual.

Un inconveniente detectado en esta primera experiencia de implantación ha sido que se ha supuesto que los alumnos de último curso eran perfectamente autónomos y capaces de organizarse entre ellos coordinando sus distintas actuaciones en el anteproyecto. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que esto no es así, al menos de forma general. Es absolutamente necesario disponer ciertas tutorías de seguimiento y orientación del grupo de anteproyecto completo, de forma que los alumnos reciban consejos sobre la interrelación de sus actuaciones y sobre las decisiones a tomar. En futuros cursos, se dispondrán estas tutorías grupales con un tutor cuando lo solicite el grupo.

Para el Proyecto de construcción individual, se mantiene el esquema de clases de seguimiento temáticas de especialidad.

### 4. DOCUMENTACIÓN QUE SE SOLICITA

En la fase de Anteproyecto, la documentación a entregar tiene dos partes muy diferenciadas:

1. El Anteproyecto Común, que reúne los resultados que integran el total de las actuaciones elegidas de las distintas especialidades en forma resumida. En general, se pide al menos:
  - Memoria

La memoria deberá recoger, brevemente, el espíritu y objetivos buscados con las actuaciones a realizar.

- Presupuestos

Deberá recoger las tablas resumen del presupuesto de cada AP individual. Cada especialidad será un capítulo del presupuesto global.

- Planos

Se deberán aportar, como mínimo, los siguientes planos:

- o Plano de situación de la actuación.
- o Plano conjunto de especialidades. Recogerá sólo las alternativas a desarrollar.
- o Plano con la alternativa de cada especialidad. Serán necesarios tanto como especialidades abarque el grupo.

2. El Anteproyecto Individual, que contiene todo el trabajo realizado por cada alumno especialista para desarrollar las soluciones que él aporta al anteproyecto global. Constará de Memoria y Anejos, Planos y Presupuesto, con el detalle suficiente al de un Anteproyecto en Ingeniería Civil.

En la fase de Proyecto Individual, se deberá formalizar un documento completo tal y como se realiza en la práctica ingenieril.

## 5. DEFENSA Y EVALUACIÓN

La parte final del trabajo consiste en su exposición pública, que será ante un tribunal universitario.

### a. Anteproyecto

La presentación del AP común coordinado se realiza por todo el grupo ante un tribunal de 3 profesores, dedicándose 15-20 minutos a la exposición y otros 15 minutos a contestación de preguntas.

Se realiza una presentación en pantalla, en el soporte escogido por el grupo de alumnos (Powerpoint o similar). Primero se presenta la actuación global por un representante del grupo, para pasar posteriormente a la presentación de cada actuación de especialidad por el alumno autor de la misma.

En la presentación se evalúan los siguientes aspectos:

- Claridad y calidad de la exposición.
- Adecuada contestación a las cuestiones y comentarios del tribunal.
- Adecuación e integración de las distintas actuaciones en la solución multidisciplinar.
- Originalidad en la concepción y/o diseño de la solución global y/o las soluciones de la especialidad.
- Adecuada justificación de la actuación global seleccionada y del proceso de selección de las distintas alternativas.

- Adecuada presentación, ordenación y edición del documento del Anteproyecto.

El tutor de especialidad realizará una evaluación del Anteproyecto individual previa al tribunal. La evaluación del Anteproyecto Global la realizará el tribunal.

La nota del Anteproyecto se obtiene como media ponderada del Anteproyecto Global y el Anteproyecto de Especialidad y constituirá el 40% de la nota final del Proyecto de Fin de Carrera.

### **b. Proyecto**

La presentación del PFC se hace a través de un póster A1 que se expone de forma similar a como se realiza en los congresos profesionales. Con ayuda del póster, el alumno explica su proyecto al tribunal, formado por tres profesores.

El PFC es un trabajo personal e individual, por tanto el alumno es el único agente que intervenga en la presentación.

La defensa se organiza por grupos de unos 10-15 alumnos en 3 ó 4 clases simultáneamente. Los distintos profesores del tribunal se acercan en el orden que decidan a los distintos pósters (figura 4) y otros medios auxiliares eventuales (figura 5), individualmente o en grupo, y piden que se les expliquen las principales características del proyecto. También te pueden preguntar cualquier cosa que consideren oportuna. Una vez un profesor haya revisado el proyecto, firmará en el espacio reservado, de forma que quede constancia de que ha sido evaluado por un profesor. Todos los alumnos deben tener al menos 3 evaluaciones como mínimo; no obstante pueden tener más, según el tiempo disponible y lo atractivo que sea su póster para los distintos profesores.

Una vez revisado por el profesor responsable que todos los pósters de la sesión tienen al menos 3 firmas, podrá dar por terminada la sesión, dando permiso a los alumnos examinados para retirarse y a un nuevo grupo de alumnos a entrar y colocar sus posters para una nueva evaluación.

Los miembros del tribunal no conocen, salvo el tutor de especialidad (si formase parte del mismo), el proyecto.



figura 4 *Presentación del PFC*



figura 5 *Maqueta empleada como medio auxiliar por una alumna*

En términos generales, el resultado obtenido en la implantación de este sistema ha sido bueno, siendo muy positivo tanto para los alumnos, que ven reducido el miedo escénico y simplificado el proceso de defensa, como para los profesores, que reducen el tiempo invertido en una defensa convencional (téngase en cuenta que en alguna titulación se han debido evaluar más de 100 PFC) que, por otra parte, difiere notablemente de lo que el futuro ingeniero se encontrará en su vida profesional.

## 6. CONCLUSIONES

El sistema implantado en la UEM para el desarrollo del proyecto de fin de carrera presenta como inconveniente principal una mayor carga de trabajo para el profesorado y para los estudiantes, dado que la introducción del anteproyecto común coordinado implica un esfuerzo notable para el grupo, y un mayor volumen de correcciones para el profesor.

Sin embargo, la ventaja es evidente para el alumno, puesto que se enfrenta a una situación real, en la que debe pensar en un alcance global de su proyecto, verificando que tiene un alcance más global de lo que en un primer momento pudiera parecer.

Debe además, trabajar en equipo, en este caso multidisciplinar, adoptando el rol de especialista dentro de un grupo, situación que se da en el trabajo técnico real.

Los mayores inconvenientes han sido de implementación. Por una parte el transmitir adecuadamente tanto a profesores tutores como a alumnos el alcance y pasos a seguir en cada una de las etapas. Por otra, la necesidad no contemplada inicialmente de una tutoría grupal, ya que los alumnos han demostrado no ser capaces de trabajar de forma completamente independiente en los aspectos de coordinación de grupo y toma de decisiones.

Estas áreas de mejora detectadas se están afrontando en la segunda edición del Proyecto con varias actuaciones que, hasta la fecha, están demostrando ser efectivas:

- Redacción de un documento guía de la redacción del PFC para alumnos, donde se les detallan las fases del Proyecto, enfoque, ventajas y relación con la práctica profesional, así como fechas y contenidos de entregas, criterios de valoración, etc.
- Las tutorías se han configurado en dos bloques: el primero es el de tutorías de especialidad y el segundo el de tutorías voluntarias de grupo o individuales. En las segundas, que constituyen la novedad, los alumnos ven que tienen un espacio para discutir su proyecto global con un tutor, en caso de necesitar ayuda para su enfoque, coordinación, etc. Estas tutorías se configuran en alguna ocasión como obligatorias, para revisar el estado de desarrollo del trabajo grupal.

## **7. BIBLIOGRAFÍA**

BAIN, K.(2005) Lo que hacen los mejores profesores universitarios. Publicaciones de la Universidad de Valencia.

BENITO, A y CRUZ, A. (2007), Nuevas claves para la docencia universitaria en el Espacio Europeo de Educación Superior, Ed. Narcea.

RUE, J. (2007), Enseñar en la Universidad. Ed. Narcea

RUE, J (2009) El aprendizaje autónomo en Educación Superior. Ed. Narcea

BARKLEY, E. (2007) Técnicas de aprendizaje colaborativo : manual para el profesorado universitario Madrid : Ministerio de Educación y Ciencia : Morata, D.L. 2007

KATZENBACH, J. (2000) El trabajo en equipo: ventajas y dificultades. Ed: Granica.

## ACERCA DE LOS AUTORES



### **MIGUEL ÁNGEL MILLÁN MUÑOZ**

Universidad Europea de Madrid  
Departamento de Ingeniería civil

Campus de Villaviciosa de Odón.  
C/Tajo, s/n. 28670 Villaviciosa de Odón

Mail: [miguelangel.millan@uem.es](mailto:miguelangel.millan@uem.es)

Director del Departamento de Ingeniería civil. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de Madrid. Doctor Ingeniero por la Universidad de Sevilla. Dos años de estancia post-doctoral en la Universidad de Princeton, NJ, USA. Premio ANCI 2006 a la mejor tesis doctoral en Ingeniería Civil. Diez años de experiencia profesional en la redacción de proyectos de ingeniería civil. Profesor de Resistencia de Materiales, Análisis de Estructuras y de Hormigón Armado y Pretensado en la Universidad Europea de Madrid.



### **JOSÉ MARÍA MEDINA VILLAVERDE**

Universidad Europea de Madrid  
Departamento de Ingeniería civil

Campus de Villaviciosa de Odón.  
C/Tajo, s/n. 28670 Villaviciosa de Odón

Mail: [josemaria.medina@uem.es](mailto:josemaria.medina@uem.es)

Coordinador de Proyecto Fin de Carrera. Departamento de Ingeniería civil. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de Madrid. Doctor por la Universidad Politécnica de Cataluña en Ciencias del Mar. Es Buceador profesional de media profundidad, Buceador Científico Avanzado (CASD) y Máster en Ingeniería Ambiental. Es Profesor de Ingeniería Marítima y de Costas de la Universidad Europea de Madrid. Es Perito Judicial, Auditor Interno de Calidad y Auditor Jefe para la Certificación de Sistemas de Gestión de Calidad.