

eman ta zabal zazu



Euskal Herriko  
Unibertsitatea

Universidad  
del País Vasco

# *Ejemplo de un Proyecto Fin de Curso desde la metodología ABPP/PPBL*



INDUSTRI INGENIARITZA TEKNIKOKO UNIBERTSITATE ESKOLA  
ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL  
BILBAO

## **Matemática Aplicada**

## Índice

---

1. Resumen	2
Palabras clave	2
2. Índice de este documento	4
3. Memoria de actividades	4
3.1. Introducción	4
3.2. ¿Qué se entiende por problema?	4
3.3. La resolución de problemas	5
4. Propuesta para una implementación RDP	9
5. Propuesta de temporalización	21
6. Conclusiones	22

## 1. Resumen.

La Declaración de Bolonia (y las siguientes) han expuesto la necesidad de cambiar sustancialmente el Espacio Europeo de Enseñanza Superior en sus tres ejes (proceso de enseñanza-aprendizaje, investigación y gestión) considerando al estudiante como centro de esta adaptación. Desde un punto de vista práctico, la consiguiente reflexión de dicha propuesta lleva a plantear cuáles pueden ser las bases sobre las que fundamentar una adecuada planificación docente.

Ya sea el fracaso atribuido, la lenificación gradual o las dificultades subyacentes a la materia son origen atribuido del tipo de alumno que tenemos en nuestras escuelas (figura 1). El EEES desea centrar el currículum del alumno en competencias y en el propio alumno. Nuestro departamento viene simulando lo que pensamos será el nuevo espacio universitario y nos hemos encontrado con diversas reflexiones, que deseamos hacer destacar. El planteamiento de la estrategia docente de la asignatura se basa en trabajar el rigor, la precisión y la excelencia como guías directrices para encarar esta innovación docente. El análisis discriminante que se ha llevado a cabo ha permitido obtener conclusiones, que se considera serán muy interesantes de cara a la definitiva implantación del EEES.

Los resultados han sido muy esclarecedores. En pocas palabras indican que hay que prestar mucha atención tanto al alumno como al propio proceso de evaluación. Hay aspectos muy positivos (por ejemplo, aumenta el número de alumnos que asisten a clase, existe mayor motivación y predisposición por parte del alumno, cada alumno asiste a clase más tiempo medio, las calificaciones mejoran, se hace mayor uso del concepto de tutoría, se genera mucha mayor documentación, etc.). Sin embargo, se demuestra que no siempre el alumno asimila significativamente los contenidos, lo que lleva a pensar que sea necesario un mayor control de cada etapa del PEA por parte del alumno y del profesor. Por ello hay que utilizar técnicas de recursos humanos para reducir el posible fracaso del alumno con una atención más dedicada tanto en el aula como fuera, y de ahí que se haya tenido que acomodar la evaluación de la asignatura de una forma adaptable en lo que respecta a los baremos que aplican (en ocasiones de una forma dinámica a lo largo del propio curso, en función del grupo de alumnos concreto de ese año).

Finalmente, estas reflexiones han permitido establecer diversos indicadores de rendimiento (tabla 1) que permiten realizar comparaciones entre diversas promociones (que van más allá del simple número de aprobados y suspensos): alumnado que ha asistido regularmente a clase, días totales en los que se ha impartido docencia, promedio de días de asistencia por alumno, grupos de trabajo que se han formado, alumnos que han participado en grupos de trabajo, pruebas objetivas de rendimiento, actividades llevadas a cabo, proyectos de investigación desarrollados, seminarios teóricos realizados, seminarios de problemas realizados, tutorías presenciales, tiempo medio en tutoría presencial, tutorías telemáticas, tiempo medio de respuesta en tutoría telemática, media de alumnos por actividad a entregar, número de entrevistas individuales realizadas, encuestas realizadas sobre el proceso de E/A, etc. Su adecuada depuración permitirá establecer un modelo de calidad y excelencia.

Además, la calidad docente es objetivo de mejora del profesional docente, agente y sujeto de la investigación educacional (profesional e investigador), y en consecuencia, interactúa directamente con el desarrollo del currículum del alumnado. La investigación-acción es un estudio científico autorreflexivo del profesional para mejorar su práctica efectiva. Tratando de responder al fracaso observado en los estudios de Matemáticas en la universidad, al tiempo que se buscan métodos de evaluación alternativa a los tradicionales de cara a la implantación del crédito ECTS, esta memoria propone una **reformulación del proyecto fin de curso desde una perspectiva de la resolución de problemas como investigación orientada desde una implementación de la estrategia docente basada en un modelo de competencias.**

Con dicha finalidad, se utiliza la resolución de problemas para redefinir el proyecto fin de curso de la asignatura como una sucesión de etapas para garantizar de una forma eficiente la adquisición de las competencias relacionadas con una de las líneas estratégicas de la asignatura: el trabajo en grupo del alumnado (distribución de roles, redacción de un informe según el método científico, expresión oral fluida, autoevaluación, etc.). Sin embargo, y dadas las dificultades que presentan las Matemáticas al nivel que se trabaja la asignatura (primer curso y desconocimiento del alumnado de estas técnicas de trabajo), no se puede (por razones de tiempo) aplicar la metodología en tiempo real, y haya que recurrir a "un proceso de aceleración en un tiempo más limitado", que el que debiera emplearse.

### **PALABRAS CLAVE:**

Aprendizaje basado en problemas/proyectos (PPBL/ABPP), Aprendizaje significativo, Competencias, Crédito ECTS, Matriz REDER, Metodologías docentes, Proyecto Fin de Curso (PFC), Resolución de Problemas (RDP)

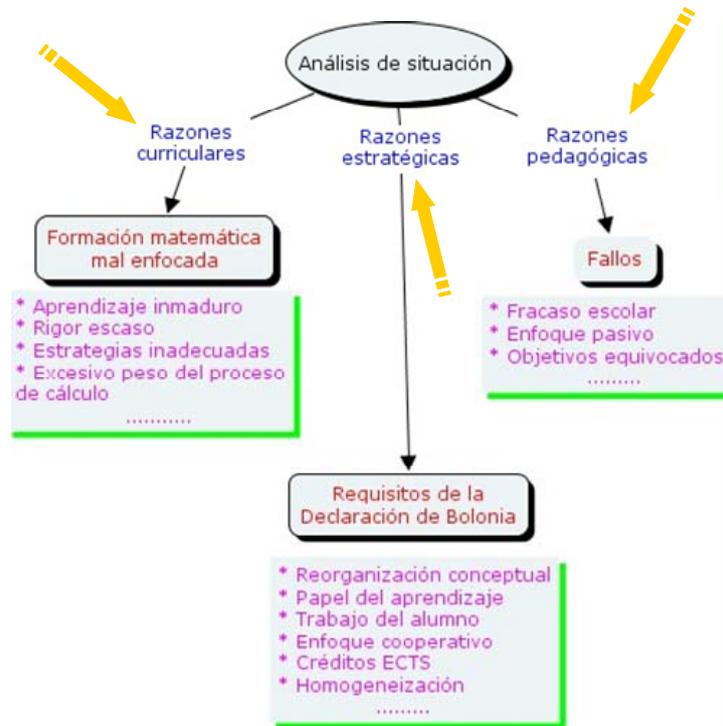


Figura 1. Análisis de situación del PEA en un estudiante universitario.

Tabla 1. Indicadores (estadígrafos) de seguimiento/rendimiento.

INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN			
	UNIDAD TEMÁTICA	GLOBAL	INDICADORES DE RENDIMIENTO
ALUMNO	1. Pruebas de verdadero/falso 2. Pruebas de elección múltiple 3. Pruebas de respuesta abierta 4. Pruebas de razonamiento controlado 5. Mapa conceptual de conceptos/relaciones 6. Colección personalizada de ejercicios prácticos (tipo seminario de problemas) 7. Tabla de pronosis 8. Escala de progreso del alumno 9. Tutorización	1. Examen final individual 2. Caso práctico <sup>1</sup> 3. Trabajo monográfico <sup>2</sup> 4. Proyecto de investigación <sup>3</sup> 5. Entrevista personal	1. Número de asistencias a clases de teoría 2. Número de asistencias a clases de ejercicios 3. Número de asistencias a clases de problemas 4. Número de asistencias a seminarios 5. Número de asistencias al laboratorio 6. Participación en clase 7. Tipo de colaboración en el grupo 8. Número/Calidad de trabajos que presenta 9. Número/Calidad de las preguntas que realiza 10. Número de veces que se le pregunta 11. Número/Calidad de las tutorías que efectúa 12. Historial de notas 13. Escala de evolución cualitativa en el curso
	1. Asistencia a clase 2. Escala de tutorización 3. Tabla de pronosis 4. Encuesta del proceso de E/A	1. Encuesta del proceso de E/A 2. Entrevista grupal 3. Control de calidad	1. Media de asistencias a clases de teoría 2. Media de asistencias a clases de ejercicios 3. Media de asistencias a clases de problemas 4. Media de asistencias a seminarios 5. Media de asistencias al laboratorio 6. Promedio de trabajos (categorizar) <sup>4</sup> entregados 7. Promedio de preguntas por sesión efectuadas 8. Promedio de alumnos preguntados por sesión 9. Promedio de tutorías presenciales 10. Promedio de tutorías virtuales 11. Promedio de horas de tutoría por alumno 12. Número de encuestas realizadas 13. Total de horas lectivas/no lectivas impartidas <sup>4</sup> 14. Promedio de entrevistas efectuadas 15. Historial de calificaciones
ASIGNATURA			

## 2. Índice de este documento.

Para desarrollar las ideas básicas, que han nacido de la asistencia, participación y reflexión de la metodología docente RDP de este curso, se ha desarrollado el siguiente esquema de trabajo. En la sección §3 se trabaja la memoria de actividades. Para ello se utiliza la tecnología de los **mapas conceptuales** para exponer de una forma secuencial la forma en la que se concibe el uso de esta metodología docente RDP siguiendo un **esquema top-down**. En la sección §4 se implementa a través de un **organigrama** la metodología docente RDP para el caso concreto del **proyecto fin curso PFC**. La sección §5 contempla la temporalización de su aplicación a lo largo del curso empleando un **diagrama de Gantt**. Las primeras impresiones que han producido la reflexión de esta metodología se dan, finalmente, en la sección §6.

## 3. Memoria de actividades.

### 3.1. Introducción.

El mundo en nuestros días se caracteriza por cambios acelerados. Una serie de factores tales como la globalización, el impacto de las tecnologías de la información y la comunicación, y la necesidad de patrocinar y gestionar la diversidad hacen necesario un entorno educativo significativamente diferente. La tendencia actual (asociada al EEES) es que vamos hacia una sociedad de generación del conocimiento; esto supone el desplazamiento de una educación centrada en la enseñanza hacia una educación centrada en el aprendizaje. El interés en el desarrollo de las competencias en los programas educativos corresponde a un enfoque de la educación fundamentalmente centrado en el estudiante y su capacidad de aprender, que exige de éste más protagonismo y cuotas más altas de compromiso. También existe un cambio en el concepto de educación continua, donde el individuo necesita ser capaz de manejar el conocimiento, actualizarlo, seleccionar lo que es apropiado para un contexto determinado, comprender lo aprendido de tal manera que pueda ser adaptado a situaciones nuevas y rápidamente cambiantes. Será, entonces, necesario reducir la utilización de tareas presenciales y potenciar las semipresenciales y las tareas a distancia con objeto de “enseñar a aprender” para que el alumno pueda ‘aprender a aprender’ concibiendo la educación universitaria como una etapa más del ‘aprendizaje a lo largo de toda la vida’”.

Es evidente, el cambiante papel del profesor que de ser la persona que estructuraba el proceso de aprendizaje, el protagonista principal en la enseñanza, así como supervisor de los trabajos de los estudiantes, cuyos conocimientos evaluaba, pasa a ser, en la visión centrada en el estudiante, un acompañante en el proceso de aprender, que ayuda a quien estudia, a alcanzar ciertas competencias. Si bien el papel del profesor continúa siendo crítico, se desplaza cada vez más hacia el de un consejero, orientador y motivador (es la conocida metáfora del director de tesis y el investigador novel). Así mismo, el cambio se deberá reflejar en la evaluación del estudiante, que de estar centrada en el ‘*conocimiento declarativo*’ como referencia dominante, y a veces única, pasa a incluir una evaluación basada en las competencias, capacidades y procesos estrechamente relacionados con el trabajo y las actividades que conducen al progreso del estudiante (necesidad de evaluación continua). Por tanto, este cambio de paradigma debería de afectar a otros aspectos como el enfoque de las actividades educativas y los materiales de enseñanza, lo que debería dar lugar a una gran variedad de ‘situaciones didácticas’, que estimulen el compromiso del estudiante. Esto conduce, en fin, a la conclusión inevitable de que está cambiando el paradigma educativo.

### 3.2. ¿Qué se entiende por problema?

Una situación sólo puede ser concebida como un problema en la medida en que existe un reconocimiento de ella como tal problema (es decir, resulta desconocida), y en la medida en que, a priori, no disponemos de solución: una situación para la cual no hay soluciones evidentes. En consecuencia, **un problema** se puede definir como una situación para la cual no hay soluciones evidentes. Pero es conveniente que el alumnado aprenda a resolver problemas propuestos en el ámbito universitario, partiendo de enunciados abiertos y de interés, que incluyan aspectos CTS (Ciencia, Técnica y Sociedad). La elección de las situaciones problemáticas debe hacerse de modo que representen un reto abordable por los alumnos de tal forma que mediante la interacción y la ayuda de los demás, el alumno pueda participar en el proceso de aprendizaje. **Resolver un problema** consiste en encontrar un camino allí donde

previamente no se conocía tal, encontrar una salida para una situación difícil, para vencer un obstáculo, para alcanzar un objetivo que no puede ser inicialmente alcanzado. Esta es la técnica que se propone aplicar para abordar un problema de enunciado abierto, que será la *implementación del proyecto de fin de curso*, que cada estudiante tiene que plantear en la asignatura de Fundamentos Matemáticos II (figura 2) con competencias en la titulación de Electrónica Industrial, cuando el objetivo a considerar es el aprendizaje significativo del alumno.

UNIDAD TEMÁTICA	FUNDAMENTOS MATEMÁTICOS II (6 C = 4.6 ECTS □ 115 horas de trabajo del alumno)	PESO (%)	
1	Teoría de espacios vectoriales de dimensión finita (15 %) Álgebra matricial (23 %) Sistemas lineales de ecuaciones (20 %) Espacios vectoriales euclídeos (30 %) Teoría espectral (12 %) (entre paréntesis la correspondiente carga en el plan docente)	10.00	65.00
2		10.00	
3		15.00	
4		20.00	
5		10.00	
6	Aplicaciones prácticas en el entorno de programación Mathematica utilizando técnicas algebraicas y numéricas (5 sesiones prácticas de dos horas)		15.00
7	Trabajo monográfico de investigación		20.00

FUNDAMENTOS MATEMÁTICOS II		Actividades planificadas	
	Peso (%)		Porcentaje (%)
Aspectos teóricos	33.33	1. Clase magistral	8.11
Aspectos prácticos	35.00	2. Resolución de ejercicios en el aula	16.22
Tareas de laboratorio	10.00	3. Seminarios de problemas para trabajo en grupo	6.31
Modelización y Simulación	21.67	4. Trabajo de simulación en el laboratorio	6.01
		5. Modelización de un proyecto práctico de investigación	3.00
		6. Trabajo teórico de investigación (www, biblioteca, ...)	4.51
		7. Evaluación	12.61
		8. Uso de las NTICs	10.21
		9. Acción tutorial	36.04

Figura 2. Contenidos del programa de FM II (evaluación basada en tareas).

El peso del trabajo monográfico de investigación (PFC) es importante en el seguimiento de la evaluación formativa y sumativa de la asignatura: por ello se le dedica una atención especial. Para ello, el alumnado debe aplicar el método científico, y la metodología de resolución de problemas puede permitir desarrollar las competencias que le son inherentes. No es un método exclusivo, sino una metodología docente más dentro de los recursos estratégicos en la práctica docente diaria. Concretamente, las competencias que se desarrollan en este caso son las que se muestran en la figura 3.

- ⌘ C4: Planificar y desarrollar cooperativamente de una forma coherente un sencillo trabajo de investigación sobre una situación química contextualizada dada, presentando oral y/o en forma escrita un ensayo científico que describa los pasos de la implementación efectuada, destacando los hechos y conclusiones más relevantes, al tiempo que se verifica la gestión de la utilización de los recursos empleados (personas, medios, programas matemáticos, tiempos, conceptos, ...), que ha necesitado el grupo de trabajo (desde una perspectiva multidisciplinar).
- ⌘ C5: Establecer estrategias y mecanismos de trabajo que fomenten la continua necesidad de mejora de un aprendizaje significativo a lo largo de toda la vida, preocupándose por la calidad de los logros alcanzados, haciendo uso en particular del manejo del ordenador por medio de las NTICs, tomando como referencia el rigor, la precisión y la excelencia.

Figura 3. Competencias que se desarrollan.

### 3.3. La resolución de problemas.

La metodología científica se basa en una concepción cognitivo-constructivista del entorno de aprendizaje (figura 4):

- a) la adecuada definición del problema que se considera, con una discusión del interés del problema suscitado en relación con los descriptores de las asignaturas de la titulación,
- b) el conocimiento adecuado de los mecanismos físicos, que describen el proceso que se trabaja,
- c) la declaración de los objetivos del estudio (fase de análisis cualitativo), así como la detección de las condiciones que delimitan el problema,
- d) la generación de hipótesis por especulación creativa,
- e) la búsqueda de la solución, elaborando diferentes (por alternativas) metodologías y estrategias,

- f) el contraste interpretativo de los resultados obtenidos,  
 g) analizar otras posibles extensiones del estudio realizado, y  
 h) la elaboración de la correspondiente memoria, siguiendo un esquema concreto (por ejemplo, de un artículo científico).

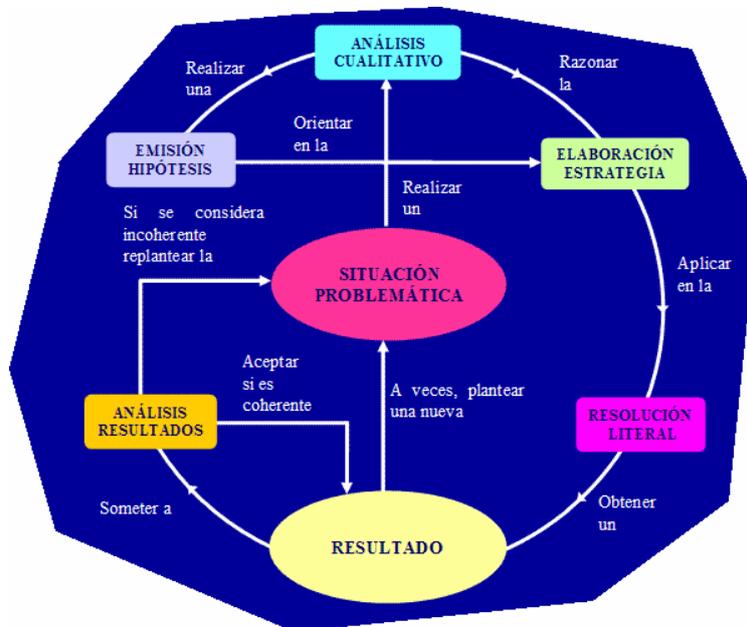


Figura 4. El proceso de la investigación orientada.

En el caso concreto, que se aborda en esta ponencia se aplican los pasos anteriores al efecto fotoeléctrico, analizando las características más destacadas de dicha implementación (naturaleza física del fenómeno estudiado, los objetivos de la experiencia, el planteamiento algebraico del problema, la implementación de la resolución, y la discusión de la solución propuesta, junto con el análisis cualitativo de los resultados obtenidos). A medida que se profundiza en la metodología docente planteada se van comentando los diferentes resultados que se obtienen, al analizar los comentarios de los alumnos que se recogen en el diario correspondiente. Por otra parte se podrían trabajar otros ejemplos de proyectos (análisis de vibraciones, estudio del plano fásico, la teoría de la aproximación en diversos entornos –como puede ser el análisis de las tendencias, linealización de sistemas no lineales, discusión de las propiedades de los sistemas continuos lineales continuos y/o discretos, ...) que se suelen utilizar para analizar la forma en la que el alumnado adquiere las competencias de la asignatura, al tiempo que se indica la forma en la que el progreso del estudiante influye en dicha consecución.

El orden cronológico de los conceptos y de las ideas desarrolladas en este curso se da en las figuras que siguen de una forma resumida utilizando mapas conceptuales:

- (1) el desarrollo del Plan Docente de la estrategia didáctica del proceso de enseñanza-aprendizaje (PEA) de una asignatura dada (figura 5),
- (2) la implementación práctica de la estrategia didáctica que se sigue (figura 6),
- (3) el mapa de las metodologías docentes disponibles (figura 7) siguiendo la Resolución de la UPV/EHU de 24 de octubre de 2006 (Vicerrectorado de Organización Académica y Coordinación (BOPV nº 226 de 27 de noviembre de 2007) y las conclusiones del Consejo de Coordinación Universitaria (Informe “Propuestas para la Renovación de las Metodologías Educativas en la Universidad”, Comisión para la Renovación de las Metodologías Educativas en la Universidad, Ministerio de Educación y Ciencia, Coordinador Francisco Michavila Pitarch, NIPO: 651-06-300-8, DL: M-36-490-2006),
- (4) las características concretas de la metodología docente RDP (figura 8),

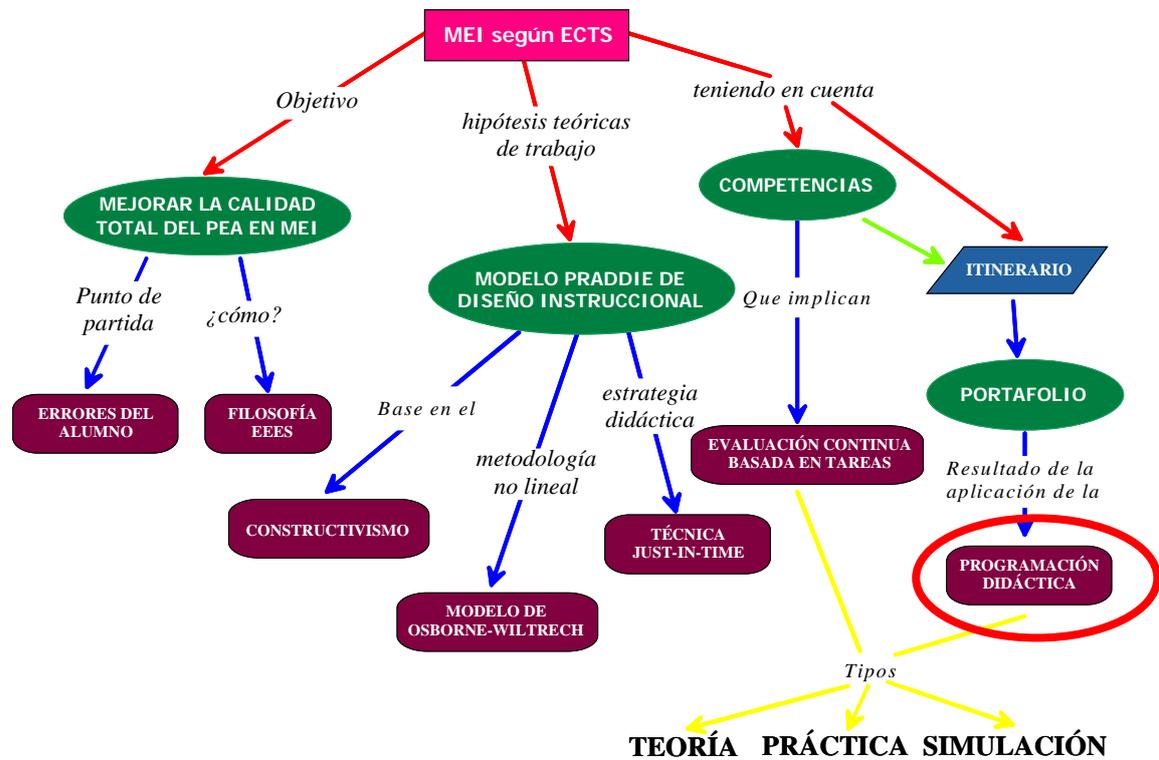


Figura 5. El diseño del PD del PEA de la asignatura

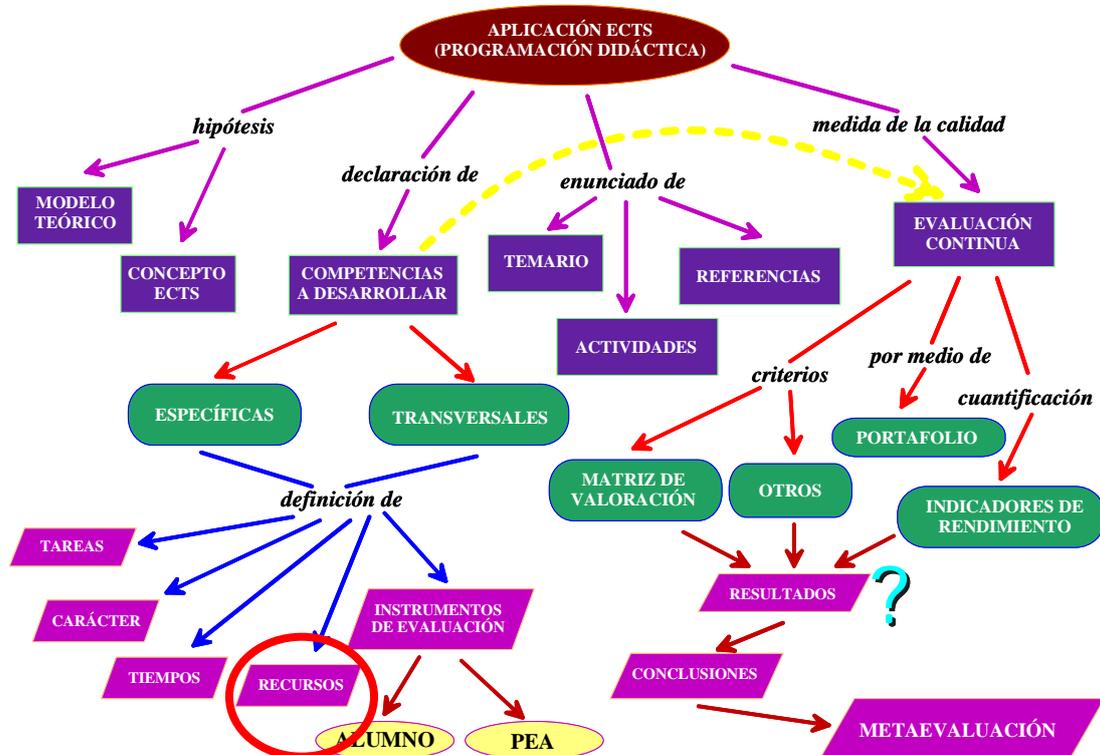


Figura 6. La estrategia didáctica.

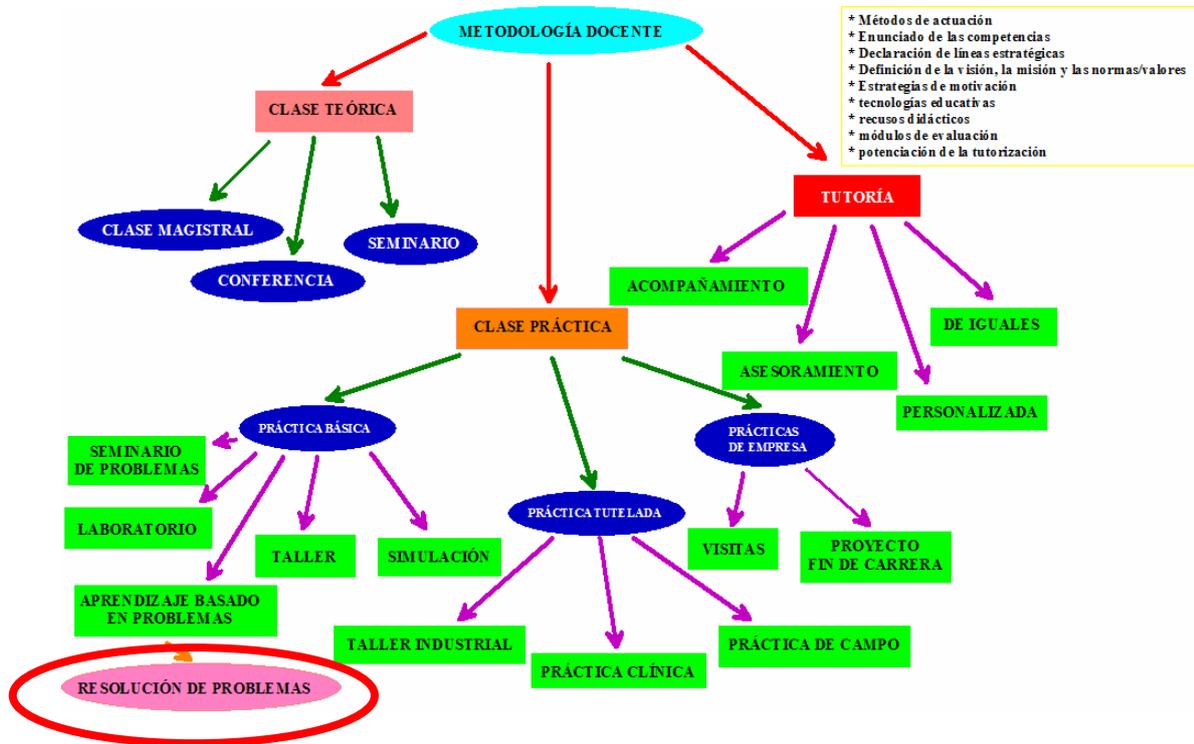


Figura 7. Las metodologías docentes.

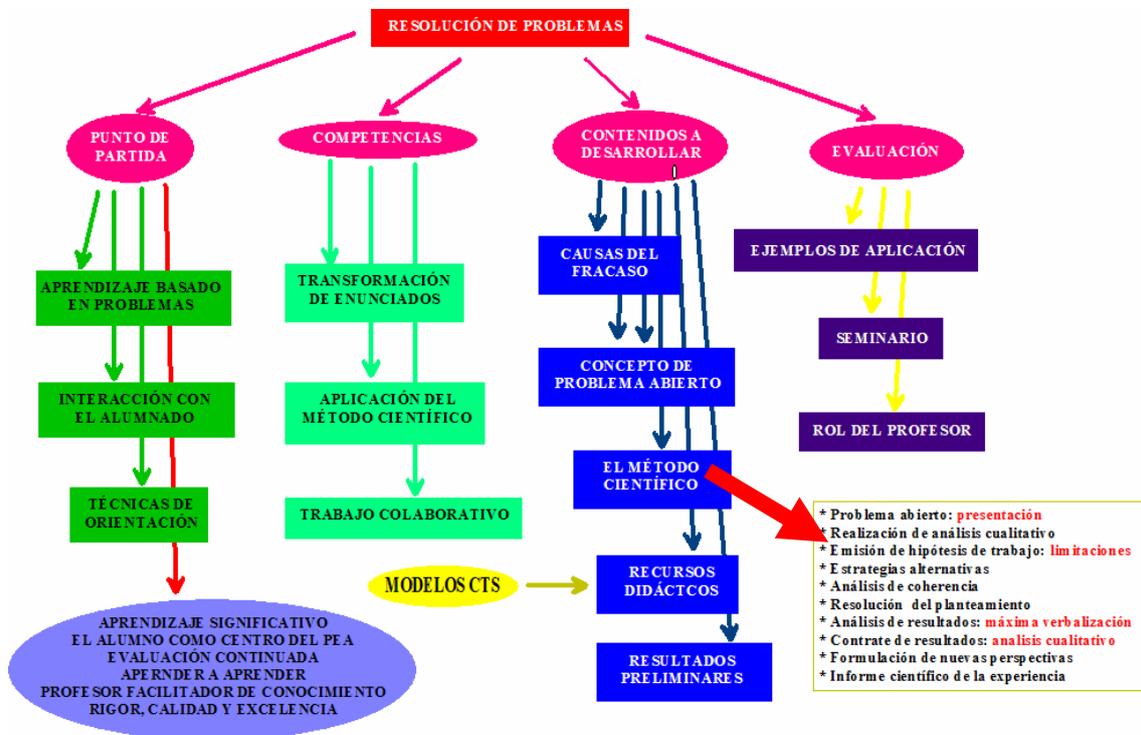


Figura 8. La resolución de problemas.

(5) la aplicación concreta de la metodología docente RDP a un caso concreto, teniendo en cuenta las características concretas de la asignatura, que se esté trabajando en el PEA (figura 9). Este es el objetivo de la siguiente sección.

- \* Problema abierto: **presentación**
- \* Realización de análisis cualitativo
- \* Emisión de hipótesis de trabajo: **limitaciones**
- \* Estrategias alternativas
- \* Análisis de coherencia
- \* Resolución del planteamiento
- \* Análisis de resultados: **máxima verbalización**
- \* Contraste de resultados: **análisis cualitativo**
- \* Formulación de nuevas perspectivas
- \* Informe científico de la experiencia

Figura 9. Etapas de un RDP.

#### 4. Propuesta para una implementación.

La base psicopedagógica de la metodología que tengo en cuenta en mi estrategia didáctica en el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje (PEA) del alumnado se basa en la reconcepción del modelo de Osborne-Wiltrech (figura 10). En pocas palabras, se trata de detectar las carencias del currículum del estudiante y hacérselas ver de una manera justificada y razonada, para a continuación darle las herramientas para acceder a un punto de vista estructurado del conocimiento (figura 11) –proceso de desestructuración-estructuración.

### Reconcepción del modelo de Osborne-Wiltrech

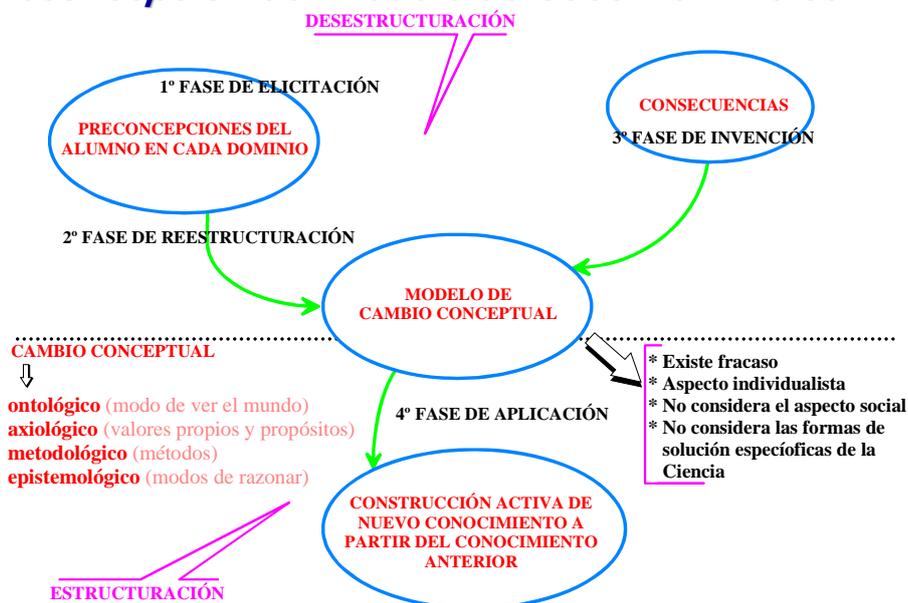


Figura 10. El modelo constructivista de Osborne-Wiltrech.

Desde el mencionado enfoque, la metodología RDP puede ser útil para potenciar las características innatas del modelo de referencia, porque, justamente, permite hacer hincapié en aquellos momentos críticos del PEA, como pone de manifiesto la estrategia didáctica que se sigue en el desarrollo del Plan Docente de la asignatura (figura 11).

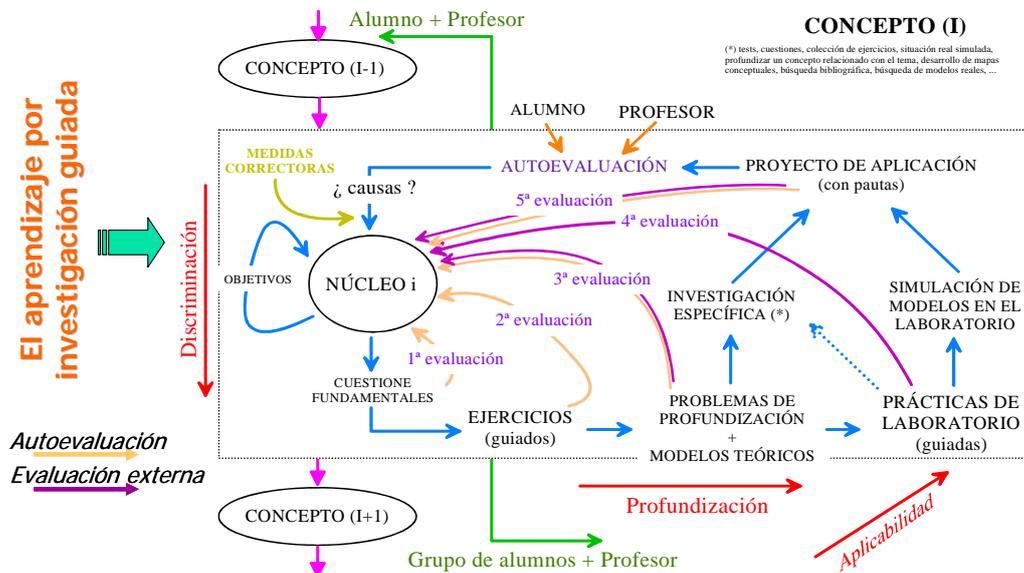


Figura 11. Desarrollo de la estrategia didáctica de la asignatura.

Por otra parte, la metodología RDP que se considera en esta memoria puede no ser realmente considerada como tal (en sentido estricto). Con todo, se ha tratado de trabajar su filosofía. Las razones de considerar la “aventura que se propone” en las siguientes páginas son las que siguen:

- (1) Se trata de analizar la respuesta del alumnado a esta modalidad docente, considerada dentro de la totalidad de los recursos utilizados en el Plan Docente.
- (2) Estudiar la potencialidad de la herramienta RDP en entornos matemáticos, y que no producen problemas tan evidentemente abiertos, en las enseñanzas técnicas, como son los ambientes de la física, química, biología, derecho, ...
- (3) Desarrollar los problemas más importantes que plantean los descriptores algebraicos: concepto de espacio vectorial, herramientas algebraicas de cálculo numérico, problemas de sistemas de dimensión elevada, problemas de aproximación, sistemas con información sobredeterminada, teoría espectral, problema geométricos, análisis de la respuesta de sistemas físicos, etc.
- (4) Relacionar horizontal y verticalmente los contenidos matemáticos con otras asignaturas como un proyecto multidisciplinar.

Concretamente, es ideal para plantear la realización del PFC como una sucesión de seminarios en los que se guía al alumnado para guiarle en su camino hasta la definición de la documentación final del mismo; es decir, los objetivos del trabajo de investigación se pueden resumir en:

- a) lograr la individualización de la enseñanza
- b) conseguir la participación activa del alumno en el proceso de enseñanza-aprendizaje: preparación, elaboración y exposición de un tema elegido por el propio alumno.
- c) desarrollar la habilidad de trabajar en grupo
- d) desarrollar la capacidad autoformativa del alumno
- e) obtener una relación profesor-alumno más empática, como alternativa a la clase magistral
- f) enfrentar al alumno a una situación problemática
- g) aplicar lo aprendido en las clases teórico-prácticas

- h) incrementar la importancia de la clase no presencial
- i) favorecer el uso del vocabulario correcto a nivel oral y escrito
- j) realizar la defensa de de los resultados obtenidos y de los métodos seguidos
- k) justificar la coordinación horizontal y/o vertical con otras asignaturas de la titulación

En lo que sigue se hace una presentación de la implementación RDP que se ha propuesto, basada en la cronología correspondiente a un proyecto de investigación (figura 12). Por dicho motivo se toman como referencia dichas etapas para enunciar las fases de la propuesta (usando la tabla 2 a modo de organigrama), haciendo uso de los colores (columna CÓDIGO) para relacionarla con la temporalización que se acompaña en la tabla 7 (sección §5). Las líneas que siguen son el resultado de las reflexiones llevadas a cabo después de cada una de las sesiones presenciales del curso, de forma que se ha tratado aplicar los contenidos impartidos al del proyecto fin de curso (PFC), o mejor dicho, trabajo monográfico de investigación, como aparece en el Plan Docente de la asignatura (figura 2).

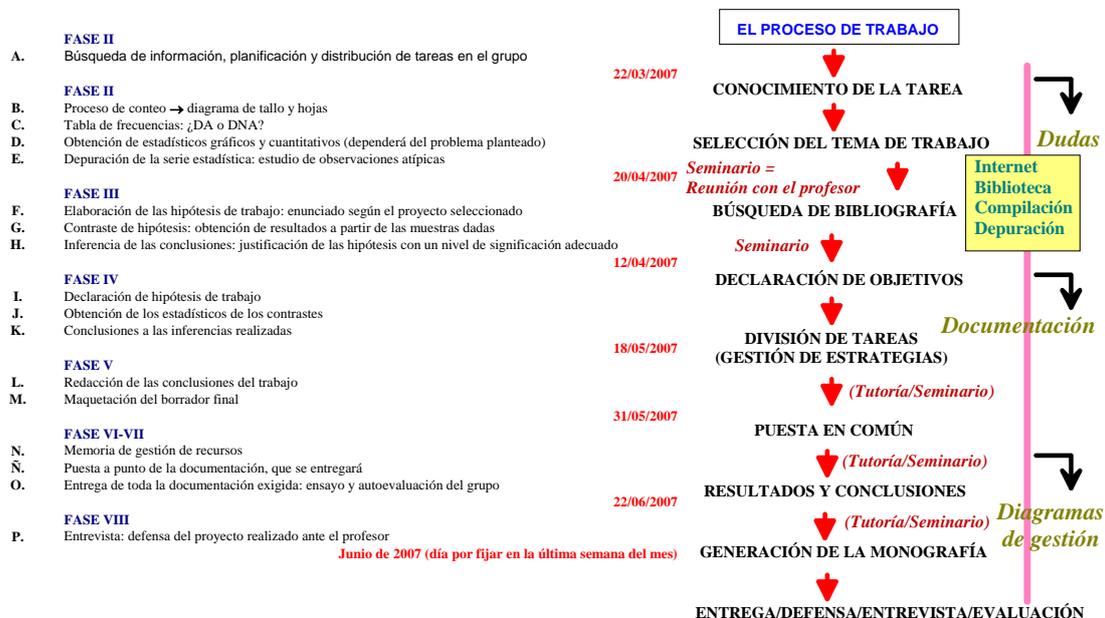


Figura 12. El proceso de definición del PFC.

## Enunciado del PFC como un problema abierto:

*Diseñar e implementar (individualmente/en grupo) un proyecto de investigación, utilizando el método científico, sobre un modelo sencillo de la titulación que permita cubrir la mayor parte de descriptores y recursos de la asignatura Fundamentos Matemáticos II en relación con otras asignaturas de la titulación, teniendo en cuenta que el objetivo básico es el desarrollo de competencias que favorecen el trabajo en grupo según una metodología PDCA.*

Es decir, se trata de que el alumno con las indicaciones que en el tiempo proporcione el profesor vaya completando, por etapas, las diferentes fases que implica desarrollar un trabajo de investigación siguiendo una metodología que es aplicable en una gran mayoría de casos (figura 12). La propuesta, que se hace, se trabaja con un ejemplo concreto, como es el caso del “efecto fotoeléctrico”.

Tabla 2. Organigrama del conocimiento procedimental en RDP en la implementación del PFC (en azul los elementos que intervienen en proceso de evaluación formativa y/o sumativa).

CÓDIGO PDC	TAREA	ACTIVIDADES	RESULTADO OBJETIVABLE/MEDIBLE	TIEMPO ESTIMADO (horas)		DIFICULTADES OBSERVADAS
				PRESENCIAL	NO PRESENCIAL	
1	- Presentación del PD de la asignatura - Explicación de la metodología docente basada en el PFC - Se proporciona el enunciado del PFC <i>Esta tarea se recuerda cada cierto tiempo al alumnado para que se concencie de lo que implica realmente</i>	- Enunciado de las competencias involucradas en el PFC - Utilización de ejemplos sencillos para desarrollar la explicación - Definición de los objetivos - Influencia en la evaluación	- Preguntas concretas en tutorías y/o en clase - Usar un diario de campo llevar el correspondiente registro	0.25		- El alumnado considera que es excesiva la documentación que se le entrega el primer día de clase - La guía de la asignatura puede resultar útil para superar esta dificultad. Siempre y cuando esté muy bien diseñada
2	Búsqueda de información en libros, revistas, enciclopedias y/o Internet, consultar a otros profesores atendiendo a los descriptores de la asignatura, que se dan el primera día de clase	El estudiante buscará información en las fuentes sugeridas	- El alumno entregará el <b>enunciado del problema</b> en su forma más abierta posible que va a trabajar - <b>Lista de las referencias</b> utilizadas según el método de Harvard (servirá de modelo el que se da con la bibliografía en el PD de la asignatura) - En una fase posterior, se puede intentar darle un enfoque RDP completo, usando para ello la formulación que se haya propuesto para la implementación de la solución		0.50	- Es normal que el alumno se muestre desorientado ya que no está acostumbrado a trabajar siguiendo el método científico - Se entrega la documentación a mano - No es normal que se entregue nada tan temprano
3	Nueva reformulación de los criterios de búsqueda	Se proporcionan descriptores muy específicos para generar la búsqueda: sistema dinámico, sistema lineal, aproximación lineal, controlabilidad, robustez, resonancia en sistemas, ...		0.17	0.50	- En esta fase es preciso realizar una acción tutorial para encaminar al estudiante en la dirección apropiada - Hay que hacer, a menudo, acciones correctoras en tiempo real, bien sea porque el alumnado reacciona de una forma no prevista, bien porque el progreso esperado no se materializa en pasos
4	Nueva reformulación de los criterios de búsqueda	Se indica al estudiante los temas más productivos de la asignatura			0.25	
5	Formulación abierta del problema concreto que se habrá de resolver según la metodología RDP, incorporando claramente las relaciones que ligán la propuesta con otras asignaturas de la titulación	El estudiante tendrá que desarrollar la teoría en la que se basa el modelo que presenta, fuera del ámbito que	- El enunciado propuesto deberá manifestar claramente las <b>relaciones de contenidos y descriptores</b> con la asignatura - <b>Análisis del modelo:</b> la teoría expuesta deberá ser sucinta y directa		2.00	- El estudiante suele mostrar dificultad en verbalizar la experiencia de su trabajo - Hay que poner por escrito las dificultades que puede entrañar el futuro desarrollo del proyecto
6	Diseño de la forma en que se va a abordar la implementación de la solución que se busca	- Análisis del problema - Análisis de las herramientas que se podrán utilizar - Situar los recursos que se necesitarán	- <b>Lista de variables</b> , que intervienen - El estudiante habrá de preparar un <b>mapa conceptual</b> , organigrama o similar, en el que se proponga una <b>estrategia de trabajo y de cálculo</b> , razonando los puntos clave del mismo	0.50	1.00	- No se tiene una idea clara de las herramientas para trabajar diseño top-down - El estudiante no relaciona de forma adecuada los conceptos clave de la asignatura con la experiencia que tiene en el PFC: hay que recordarle los mapas conceptuales de las unidades temáticas de la asignatura

## Ejemplo de un Proyecto Fin de Curso desde la metodología ABPP/PPBL

*Departamento de Matemática Aplicada*

CÓDIGO PDC	TAREA	ACTIVIDADES	RESULTADO OBJETIVABLE/MEDIBLE	TIEMPO ESTIMADO (horas)		DIFICULTADES OBSERVADAS
				PRESENCIAL	NO PRESENCIAL	
7	Recordar los conceptos teóricos que intervienen	Resumen de los descriptores más necesarios para desarrollar el PFC	<b>Mapa conceptual de contenidos</b>	0.17	0.50	Hay que llamar la atención al estudiante para que estudie al día
8	Deducción del modelo de trabajo a partir de la representación gráfica	Analizar si se trata de un problema discreto o continuo, aclarando cuáles son las variables, así como la relación que existe entre ellas	- <b>Deducción del modelo teórico</b> - <b>Enunciado justificado y razonado de las hipótesis de trabajo</b> , necesarias para implementar la resolución del problema		0.50	- Problemas a la hora de discriminar los datos y los resultados - No se discuten las variables de la forma adecuada - No se expresan de forma correcta los descriptores y las palabras clave
9	Refinamiento del análisis cualitativo	Dar un repaso general a todo el planteamiento para ver si se han cometido errores	<b>Listado justificado de los errores encontrados</b>		0.50	- Le cuesta al alumno dedicar un tiempo a repasar y reflexionar
10	Análisis de las debilidades del planteamiento por parte del profesor	Seguimiento, normalmente autorizado, del estudiante		0.50		Hay que quedar con el estudiante, porque de otra forma no se acercaría de forma voluntaria
11	Aplicación de la metodología de resolución aproximada de sistemas de ecuaciones lineales en el sentido de mínimos cuadrados	Calcular los parámetros que intervienen en el PFC	<b>Coherencia de los valores obtenidos</b>	0.17	1.50	- El estudiante suele utilizar tan solo el lápiz y el papel, no haciendo uso de las TIC para aumentar su productividad general
12	Deducción de conclusiones	Contestar de una manera justificada a las preguntas planteadas en el PFC	Los resultados son correctos y las explicaciones están justificadas		0.50	Se dan los números, no se proporcionan las unidades, y normalmente no se comentan los resultados obtenidos
13	Presentación oral y/o escrita del informe correspondiente al PFC	Realizar una presentación PowerPoint que resuma todo lo esencial del PFC	<b>Calidad de la documentación/presentación</b> efectuadas atendiendo a los criterios establecidos en las matrices de valoración correspondientes		1.00	- No se pone el suficiente interés para generar un documento con la suficiente prestancia para el nivel universitario - No se observa autonomía para trabajar el documento correspondiente
14	Evolución de la marcha del alumnado en el progreso del dominio de las técnicas del PFC	Entrevista (3 sesiones de 10 minutos) con el profesor de la asignatura de forma individual y con los demás miembros del grupo	Diario de registros	0.50		Las normales al tener que verbalizar los sentimientos y las emociones delante de un profesor, y más si se hace delante de otros compañeros y compañeras, aunque sea en un grupo pequeño.
15	Evaluación final del trabajo realizado con el PFC	Entrevista personal Entrevista al grupo Análisis de la ficha del grupo y del alumnado	Calificación final del PFC junto con el seguimiento efectuado, y la opinión de cada miembro del grupo	0.25		Al principio, el alumnado es reticente a evaluar a sus compañeros de trabajo, siempre que no haya mentalidad de grupo
16	Siguiendo la filosofía REDER el PEA del PFC se revisa de forma continua, para lo que cuenta con los mecanismos de control correspondiente	Calidad del informe del PFC Presentación oral del PFC Autoevaluación del alumnado	Método de Lejk para <b>evaluar el trabajo guiado del grupo</b> que realiza el PFC			El alumnado ve favorable que se comente con ellas/ellos el resultado de la evaluación

El tipo de planteamiento que se hace del PFC está basado en acercar las matemáticas al alumnado de forma que pueda ver la necesidad de utilizarlas, como base de la formación básica que va a emprender (dado que estamos en primer curso). Por otra parte, es una forma de coordinar la asignatura con otras materias del mismo curso y de cursos superiores, al tiempo que se trabajan las competencias que han sido tomadas en cuenta. Es una forma de trabajar la disciplina, el rigor y la imaginación, dada la forma en la que se enfoca, ya que se da al alumno toda la libertad para desarrollarse, si bien se han colocado los puntos de control para guiar dicho trabajo (PDC 9 y 16 (tabla 2)), al tiempo que se lleva a cabo la formación continuada del alumno (evaluación sumativa, PDC 14, tabla 2) y se califica su evolución desde el punto de vista del profesor y de la contribución al trabajo en el grupo (evaluación sumativa, PDC 15, tabla 2). Todas estas características se le suministran al alumno de una forma gradual en el primer mes del cuatrimestre. A este respecto, es este el punto más débil de la propuesta que se hace en esta memoria. En efecto, como no se analiza en detalle el sistema físico en estudio y se deja al propio estudiante su desarrollo, se pierde parte de la esencia de la metodología RDP. Sin embargo, siendo así, continúa siendo interesante que el alumnado utilice esta oportunidad para hacer una revisión del modelo que se utiliza; a saber, acotación de la situación que se ha de modelar y su posible simplificación, si viene al caso, reconocer el marco teórico de referencia, identificar las variables que intervienen, así como la identificación de las partes del problema. Es este uno de los momentos de la asignatura que se pueden utilizar para realizar proyectos conjuntos con otras asignaturas (sobre todo, en contextos donde el modelado y la aproximación lineal, o bien el estudio de las propiedades del sistema, pueden ser contempladas). Al final de esta etapa, el alumnado deberá haber enunciado un problema, lo más abierto posible (PDC 4-5, tabla 2), para abordar las competencias y los objetivos del PFC (a la vez que se utiliza este factor para potenciar las características de las asignaturas básicas en la formación del ingeniero).

Un posible PFC (es el ejemplo que se entrega al alumno como punto de referencia en la guía de la asignatura) es que se refiere al efecto fotoeléctrico. La propuesta de problema abierto (PDC 6, tabla 2), lo más amplio que sea posible y con un enfoque eminentemente práctico, que se hace al alumnado es la que sigue (aparece en la guía del alumno):

El efecto fotoeléctrico establece que el voltaje mínimo (V) para hacer saltar un electrón de una superficie dada es función de la frecuencia  $\nu$  (Hz) de la radiación incidente y de una cierta función  $\phi$ , que es característica de la mencionada superficie. Se trata de buscar entre las fuentes bibliográficas una serie de datos experimentales para estimar los valores de las constantes  $h$  y  $\phi$ , con el fin de determinar de qué superficie metálica se trata.

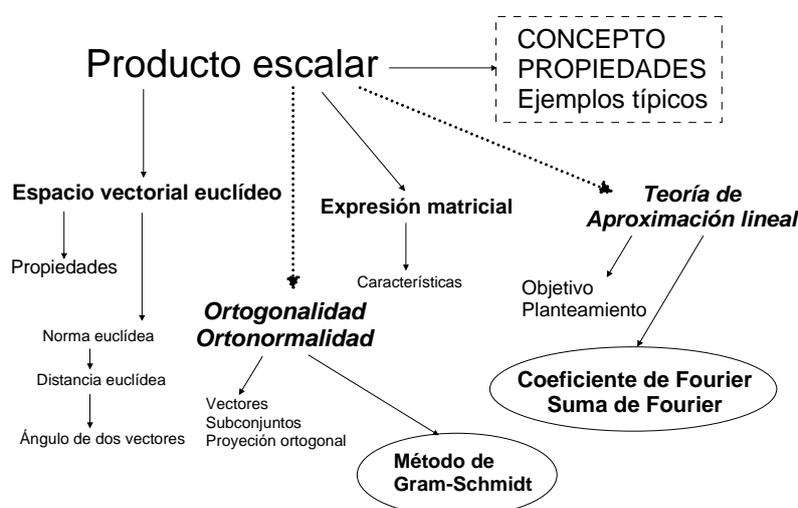


Figura 13. Mapa conceptual de “Espacios vectoriales euclídeos”.

Como ya se ha comentado, llegados a este punto, el estudiante tiene conocimiento de las unidades temáticas que mayor aplicabilidad tienen dentro de la asignatura (PDC 3-4, tabla 2). Por ello, se le va a pedir que presente el modelo del problema propuesto desde una formulación matricial, vectorial y/o numérica, u otra equivalente, que describa la evolución del sistema. De dicha forma se establece la relación de interdependencia que existe entre las variables del problema, haciendo hincapié en las hipótesis que sean necesarias para dicha presentación.

Es un ejemplo que pone de manifiesto las principales aportaciones que hace la asignatura Fundamentos Matemáticos II a la titulación: la teoría de la medida y la teoría de la aproximación, junto con la interpretación geométrica, que ello implica. Una vez que el estudiante tiene definido el problema se le indica el mapa conceptual que tiene que tener como referente para realizar el diseño de su resolución. En este caso concreto se refiere al concepto de espacio vectorial euclídeo (figura 13), que se le proporciona como ayuda referencial (PDC 7), y donde se concreta el desarrollo de las competencias contempladas.

Como no es posible analizar en fondo la base teórica del fenómeno (ya se ha comentado) no se puede profundizar en el espíritu de la metodología RDP, pero esta misma carencia pone de manifiesto la posibilidad de establecer proyectos coordinados entre asignaturas diferentes de un mismo curso (análogamente se puede establecer un puente con asignaturas de otros cursos de la titulación) (PDC 5, tabla 2). Por este motivo, nos vamos a centrar aquí exclusivamente en la parte matemática de la RDP. Por otra parte, y teniendo en cuenta, cuál es la finalidad del problema propuesto, se habrá de buscar una serie experimental de datos para poder abordar la resolución numérica del PFC. Por ejemplo, la serie de datos de la tabla 3:

Tabla 3. Datos experimentales de una sesión de laboratorio.

$\nu$ (Hz $\times 10^{-3}$ )	56	70	79	83	102	120
$V_0$ (V)	0.05	1.00	1.40	1.74	2.43	3.00

$\nu$ : frecuencia de la luz incidente

$V$ : voltaje aplicado

$\phi$ : función de trabajo de la superficie analizada

$e$ : carga del electrón

$h$ : constante de Planck

La forma más natural de progresar es la representación gráfica de los datos aportados para analizar la relación funcional (“una imagen ayuda más que mil palabras”) en la que se relacionan las variables (aspecto que hay que analizar muy en detalle en la evaluación formativa del alumnado (PDC 6, tabla 2)), que intervienen. Más aún, a estas alturas el estudiante tendrá ya el modelo teórico de referencia (que no es preciso conocer) (PDC 8, tabla 2). En efecto, del análisis bibliográfico del fenómeno se infiere la relación que existe entre las diferentes variables existentes; a saber:

$$eV_0 = h\nu - \phi \quad (1)$$

siendo  $\nu > \nu_t = \frac{\phi}{h}$  (la frecuencia mínima).

Como se ha mencionado, se trata de descubrir los focos donde el alumno muestra mayores debilidades para poderlas corregir lo antes posible. Entonces, la estrategia es muy simple (a la par que compleja), pero pone de manifiesto ¿cómo puede orientarse a cada estudiante para lograr una verdadera comprensión matemática (es decir, conocer la estructura conceptual y las relaciones de los temas matemáticos involucrados)? El correspondiente análisis de situación incluye causas de tipo curricular, pedagógico y estratégico (PDC 9, tabla 2). Como consecuencia, las ideas siguientes se tienen en cuenta de modo constante en todo el PEA:

- todos los estudiantes y los profesores aprenden de las equivocaciones previas,
- la evaluación continua del aprendizaje del estudiante por ser el centro de interés del PEA,
- el análisis sistemático de progreso del estudiante, y

- la calidad del conocimiento adquirido (entendida como aprendizaje significativo en un entorno de PEA eficiente).

Para el ejemplo considerado, las dificultades tienen lugar cuando hay que enfocar las siguientes actividades (PDC 10, tabla 2):

- ¿cómo calcular el rango de cualquier matriz? (**sistemas de ecuaciones**),
- ¿cómo se introduce la idea de medida en un espacio vectorial? (**problemas de ortogonalidad**),
- ¿cómo escribir el producto interior en una formulación matricial? (**álgebra matricial**),
- ¿qué interpretación geométrica tiene el problema de la aproximación? (**funciones objetivo**),
- ¿cómo automatizar el algoritmo de mínimos cuadrados utilizando métodos óptimos? (**métodos de factorización matricial**),
- ¿qué significa obtener la solución aproximada de un sistema incompatible de ecuaciones lineales en el sentido de mínimos cuadrados? (**optimización, derivación e integración**),
- ¿cómo obtener funciones de onda (típicas en electrónica) como combinación lineal de senos y cosenos?, ¿qué razones de implementación práctica apoyan el uso de este tipo de funciones? (**composición de funciones (dis)continuas**).

Tabla 5. La metodología del PEA (evaluación basada en competencias).

Actividades planificadas	Porcentaje (%)
1. Clase magistral	8.11
2. Resolución de ejercicios en el aula	16.22
3. Seminarios de problemas para trabajo en grupo	6.31
4. Trabajo de simulación en el laboratorio	6.01
5. Modelado de un proyecto práctico de investigación	3.00
6. Trabajo teórico de investigación (www, biblioteca, ...)	4.51
7. Evaluación	12.61
8. Uso de las NTICs	10.21
9. Acción tutorial	36.04

Esta lección tiene claras relaciones con las demás unidades de la asignatura (lo que da pie a que el alumno las vuelva a trabajar), al tiempo que desarrolla relaciones con contenidos de otras asignaturas que le aparecen en su currículum en segundo curso de carrera (en rojo en la lista anterior). Esta forma de trabajo proporciona herramientas para trabajar las competencias del PEA. Al abordar el desarrollo de la planificación docente ECTS de la asignatura se hace primordial hacer uso de una buena gestión de la acción tutorial: individual, en pequeños grupos o en gran grupo; presencial o telemática; improvisada o planificada (tabla 5). Si bien al comienzo del curso hay que “sugerir” al alumno que asista a las sesiones de tutoría, a medida que se avanza la propia dinámica de la evaluación continua hace que el número de asistencias aumente; esta tendencia se mantiene de un curso (1.24 tutorías por alumno en el curso 2004-2005) a otro (2.38 tutorías por alumno en los cursos 2004-2006). El 96.34 % de las encuestas indican que la tutoría es una actividad importante y útil, aunque sólo el 63 % de los alumnos ha utilizado regularmente esta actividad.

La forma de resolución del problema por parte del alumnado va a proporcionar información muy interesante sobre la manera en que se utilizan las capacidades del razonamiento formal, y como estructura dichas relaciones en su esquema de adquisición del conocimiento. Por este motivo, se exige la resolución del problema de modo manual y numérico, para lo que habrá de utilizar las herramientas informáticas, que se utilizan en el Laboratorio Matemático (en nuestro caso, el programa Mathematica<sup>®</sup>). El análisis de esta etapa del RDP ha llegado a un análisis de afinidad de los problemas típicos que suelen aparecer en esta fase, ya que de dicha manera se puede buscar la respuesta más idónea para ayudar al alumnado (tabla 6). Es decir, un análisis basado en la estimación del punto en el que se habría de encontrar el estudiante permite obtener una mejor comprensión de la forma en la que se adquieren las competencias involucradas (figura 3 y sección 5 (páginas 10-11)).

Tabla 6. Listado de problemas típicos que aparecen en el proceso de resolución (PDC 9, tabla 2).

Objetivos		Dificultades		Actividades		
1	Aplicar correctamente el concepto de rango	0 <sup>a</sup>	Prerrequisitos mal asimilados	0 <sup>a</sup>	Recordar los conceptos de aplicación, función y producto cartesiano	
		1 <sup>a</sup>	No dominar el concepto de rango y sus diversas interpretaciones	1 <sup>a</sup> 1	Calcular el rango de una matriz, de un sistema de vectores, ...	
	2	Asociar a un espacio vectorial el concepto de medida	2 <sup>a</sup>	No entender la necesidad de plantear el concepto de medida	1 <sup>a</sup> 2	Discriminar la dependencia e independencia lineal de un sistema de vectores a partir del teorema de independencia lineal
					2 <sup>a</sup> 1	Discriminar aplicaciones que son producto escalar de otras que no lo son
					2 <sup>a</sup> 2	Calcular la distancia entre dos vectores, así como el ángulo que forman
3	Describir un producto escalar por medio de la matriz de Gram asociada	3 <sup>a</sup>	Cuesta discriminar los elementos que permiten definir la asociación	3 <sup>a</sup>	Distinguir los elementos que intervienen en el cálculo de la matriz de Gram: producto escalar, álgebra del espacio vectorial concreto de trabajo, la base que está implicada	
4	Aplicar el método de Gram-Schmidt	4 <sup>a</sup>	Se toma como una rutina sin entender claramente las implicaciones que conlleva	4 <sup>a</sup> 1	Discriminar los elementos clave del proceso de la demostración correspondiente centrandolo la atención en las hipótesis necesarias, así como las causas de las que derivan	
				4 <sup>a</sup> 2	Aplicar el método en los espacios vectoriales que se trabajan en el curso	
				4 <sup>a</sup> 3	Utilizar Mathematica para reflexionar sobre los pasos clave del método	
5	Organizar el método de mínimos cuadrados	5 <sup>a</sup>	Dificultad en entender la interpretación geométrica	5 <sup>a</sup> 1	Representar gráficamente los datos involucrados	
				5 <sup>a</sup> 2	Analizar el proceso de la demostración	
				5 <sup>a</sup> 3	Interpretación del problema de aproximación lineal desde el concepto de rango	
				5 <sup>a</sup> 4	Discriminar los pasos del proceso	
		5 <sup>b</sup>	Cuesta entender la relación entre la suma de Fourier y la expresión matricial	5 <sup>b</sup> 1	Resolver sencillos ejercicios por los dos métodos, analizando las fases semejantes (por analogía)	
5 <sup>b</sup> 2	Analizar el problema del coste asociado a la aproximación lineal efectuada, con Mathematica					
<b>Para pensar</b>	<b>¿Cómo deducir si un índice bursátil dado ha mostrado una tendencia alcista o bajista durante un intervalo de tiempo dado?</b>					

Para llevar a cabo el desarrollo de las acciones implicadas (tabla 2) se proporciona al grupo de trabajo de PFC de las herramientas correspondientes, con el fin de que puedan progresar con paso firme. Esto se hace recordando al alumnado la necesidad de acudir a los programas detallados de cada unidad temática de la asignatura (figura 14) que aparecen en los itinerarios correspondientes, sobre todo en lo relacionado con los contenidos/descriptores de tipo práctico. En consecuencia, y para aquellas personas que no tengan una idea clara del camino a seguir se cuenta con una estrategia de actuación (que no se dará al estudiante a no ser que no haya progreso de ningún tipo –lo normal es que sólo haya que suministrar ayudas muy puntuales) (figura 15).

El proceso de resolución es otro de los puntos que hay que analizar con cuidado ya que exige un diseño organizado de los pasos a dar, que básicamente son (figuras 16-17): (1) representación gráfica, (2) preparación de los datos, (3) disposición matemática de la información, (4) propuesta de resolución, (5) métodos matemáticos algebraicos y numéricos, (6) presentación de los datos, (7) obtención de resultados, (8) interpretación de los resultados y (9) coherencia de la información obtenida.

- (1º) Definir el concepto de producto escalar
- (2º) Discriminar aquellas relaciones que son producto escalar (es decir, ejemplos prácticos)
- (3º) Elaborar el concepto de espacio vectorial euclídeo en los conjuntos  $\mathbb{R}^n, \mathcal{P}_n, \mathcal{M}_{m \times n}(\mathbb{R})$  y  $C^0([a, b]; x)$
- (4º) Explicar el concepto de norma euclídea
- (5º) Discriminar el concepto de distancia euclídea
- (6º) Interpretar la expresión matricial asociada a un producto escalar dado en una base del espacio vectorial euclídeo
- (7º) Definir la matriz de Gram y enunciar sus características más destacadas
- (8º) Reconocer las diversas “formas” de ortogonalidad en los espacios vectoriales euclídeos
- (9º) Identificar el concepto de subconjunto ortogonal
- (10º) Analizar los conceptos de ortogonalización y ortonormalización
- (11º) Explicar la interpretación geométrica de la proyección ortogonal
- (12º) Discutir las implicaciones del proceso de ortogonalización de Gram-Schmidt
- (13º) Descubrir las ideas básicas de la Teoría de la aproximación lineal
- (14º) Resolver de forma aproximada, en el sentido de mínimos cuadrados, un sistema incompatible de ecuaciones lineales
- (15º) Interpretar geoméricamente la aproximación por mínimos cuadrados discriminando cuál es la aplicación práctica del problema de optimización que plantea este método.

- (16º) Mostrar las funciones de Mathematica relacionadas con los conceptos típicos de la teoría de espacios vectoriales euclídeos
- (17º) Examinar el modo de cargar las librerías que Mathematica no carga por defecto al iniciarse una sesión de trabajo
- (18º) Generar la matriz de Gram con aplicación a diversos problemas de ortogonalidad y ortonormalidad
- (19º) Resolver diversos problemas típicos en teoría de aproximación lineal y en la resolución aproximada de sistemas incompatibles de ecuaciones (en el sentido de mínimos cuadrados), enfocando el interés en su interpretación geométrica concreta
- (20º) Aplicar Mathematica a problemas prácticos reales en el entorno de los espacios vectoriales euclídeos

Figura 14. Los objetivos de la unidad temática de espacios vectoriales euclídeos.

Es interesante indicar al alumnado la necesidad de dedicar un tiempo concreto al análisis de la respuesta alcanzada, proporcionando una justificación que esté razonada (PDC 9-13, tabla 2): coherencia de la respuesta con la teoría correspondiente, confrontación de los resultados con los esperados (en nuestro caso confrontar el valor estimado de la constante de Planck  $h$ , y la función de trabajo  $\phi$  de la superficie analizada), análisis de los errores cometidos desde un punto de vista estadísticos.

- **Tormenta de ideas: cronología y objetivos**
- 1. Grupo pequeño
- 2. Gran grupo
- **Búsqueda de información/recursos**
- 3. Grupo pequeño
- 4. Tutorías
- **Análisis de dificultades**
- 5. Individualmente
- **Propuesta de alternativas**
- 6. Grupo medio
- **Implementación de la solución**
- **Obtención de conclusiones**
- 7. Presentación oral/escrita ante el gran grupo

Figura 15. Las técnicas de trabajo en la metodología PBL/ABP.

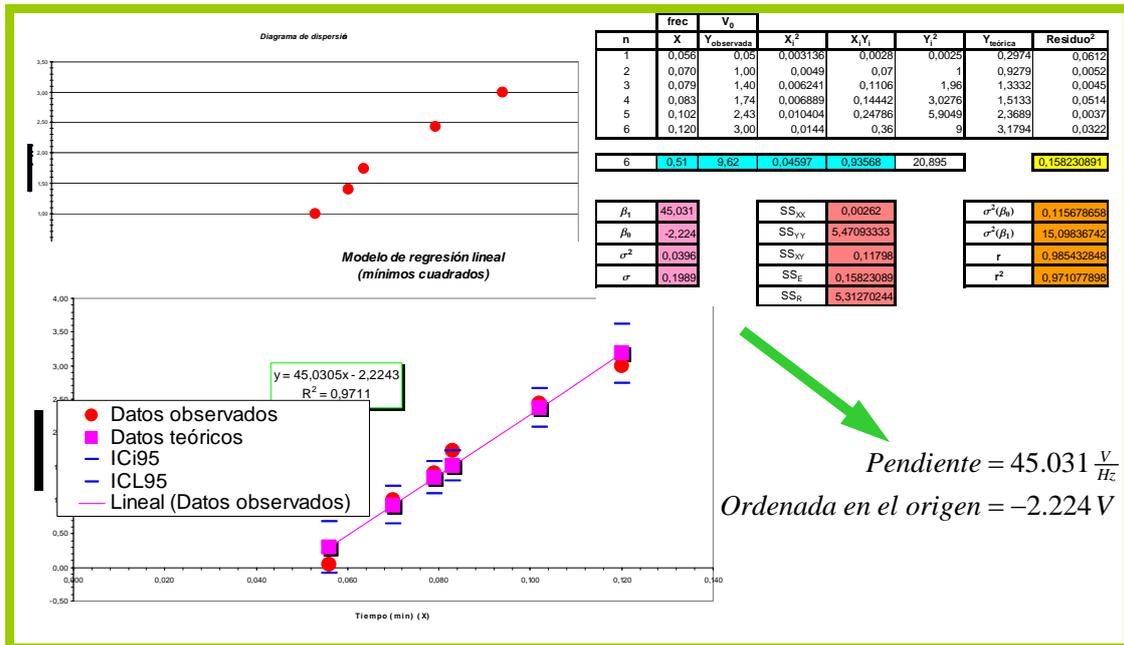


Figura 16. Disposición de los datos iniciales y de los resultados obtenidos.

Este tipo de problemas (por suerte) aparece en muchas situaciones de la vida del técnico. Se les pide que analicen la posibilidad de buscar algún tipo de situaciones, que se puedan modelar desde esta perspectiva (modelos económicos, modelos biológicos, modelos hidráulicos, modelos neurofisiológicos, ...). Esta última etapa es muy enriquecedora, y puede marcar la calidad de los trabajos entregados y/o presentados (PDC 13-16, tabla 2).

*Resolución aproximada de sistemas incompatibles de ecuaciones algebraicas lineales en el sentido de mínimos cuadrados*

(1\*) ¿Qué interpretación gráfica se puede dar a un sistema incompatible de ecuaciones?  
 (2\*) ¿Qué te sugiere el concepto "medida"?  
 (3\*) ¿Crees que se puede encontrar "una solución aproximada a un SEAL incompatible"?  
 ¿Qué crees que sería necesario?  
 (4\*) ¿Existe alguna relación conceptual entre la dimensión de un subespacio vectorial, el rango de una determinada matriz y la independencia de una familia de vectores? (Usa para ello un esquema mental)

$$A = \begin{pmatrix} 0.056 & 1 \\ 0.070 & 1 \\ 0.079 & 1 \\ 0.083 & 1 \\ 0.102 & 1 \\ 0.120 & 1 \end{pmatrix} \quad b = \begin{pmatrix} 0.05 \\ 1.00 \\ 1.40 \\ 1.74 \\ 2.43 \\ 3.00 \end{pmatrix}$$

$solucion = (A^T A)^{-1} (A^T b)$

$solucion = proy_{\mathcal{L}(\{A(:,1), A(:,2)\})} b$

*base ortogonal*

Figura 17. Base matemática para abordar la resolución del PFC.

En la presentación de los resultados se ayuda al alumnado con una estructura dada, cercana a la de un artículo científico (de hecho, se les da un fichero DOC que les permite utilizar como plantilla) (figura 18). De esa manera, se puede agrupar la documentación generada, con lo cual se afianza el método científico de otra forma complementaria. Toda esta información se encuentra disponible para el alumno en la plataforma docente de la asignatura.



Figura 18. Esquema de la memoria del PFC (una referencia).

Finalmente, se da una particular importancia a la opinión del alumnado (metaevaluación/proacción), siempre que ello es posible, sobre todo a partir de encuestas. De esta forma se trata de monitorizar todas las fases del PEA del currículum del alumnado. En particular, se presta atención a detalles como:

MÉTODOS ESTADÍSTICOS DE LA INGENIERÍA  
EL PROYECTO FIN DE CURSO

Hemos llegado al final del curso. Hasta ahora hemos realizado tareas de evaluación formativa, con el fin de aprender de los errores que cometemos y poder avanzar los conceptos, contenidos y relaciones operacionales de la asignatura. Te rogamos que contestes a las siguientes preguntas de la forma más sincera y objetiva que te sea posible. Esta encuesta trata de analizar las características más destacables del Proyecto Fin de Curso (PFC).

ESTRATEGIA	VALORACIÓN (0 = MUY NEGATIVA, 11 = MUY POSITIVA)											
¿Opinas que el profesor ha explicado adecuadamente los elementos de evaluación que se iban a considerar?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
¿Has entendido el objetivo evaluativo del Proyecto Fin de Curso?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
El profesor, ¿ha explicado adecuadamente la finalidad del Proyecto Fin de Curso?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
¿Se ha proporcionado al estudiante la información adecuada sobre el Proyecto Fin de Curso?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
¿Cómo calificas el apoyo que el profesor ha dado a tu grupo?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
¿El profesor ha dialogado con los estudiantes los diversos aspectos del Proyecto Fin de Curso?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
¿Se ha consensuado con los estudiantes los criterios de valoración a utilizar en el Proyecto Fin de Curso?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
¿Crees que el porcentaje del PFC dentro de la evaluación es bajo, justo o excesivo?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
¿Cómo calificarías el uso del PFC en la evaluación de la asignatura?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
¿Consideras útil el uso de esta herramienta de evaluación?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
¿Crees que has aprendido con el uso de esta estrategia de trabajo?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
¿Esta forma de trabajo te ha ayudado para reflexionar más, en general, sobre la?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
¿Crees que el profesor dispone de una herramienta objetiva de análisis del trabajo del estudiante?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
¿Comprendes el concepto de evaluación formativa como evaluación orientadora del aprendizaje realizado?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
¿Comprendes el concepto de evaluación sumativa como calificación numérica del aprendizaje realizado?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
¿Deseas que el profesor informe al estudiante de los resultados de la evaluación realizada?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
¿Cómo calificarías la rapidez con el profesor ha publicado los resultados de la evaluación?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
¿Cuál es tu opinión sobre el ambiente de trabajo en grupo que habéis desarrollado?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
¿Cómo consideras la acción tutorial que el profesor ha desarrollado con tu grupo durante el PFC?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tu profesor no ha sido muy ortodoxo este curso, ¿volverías a trabajar con él si tuvieras otra oportunidad?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Si deseas hacer alguna aportación adicional, que te parezca de interés puedes usar la parte trasera de esta hoja para efectuar tus contribuciones. Gracias por tu tiempo, y tu colaboración. De esta manera nos ayudas a mejorar la metodología didáctica que se aplicará en futuros cursos. De nuevo, nuestras más sinceras gracias.

Evaluación del PEA Ev PFC-1

Figura 19. Encuesta para analizar el PFC.

- ✓ ¿Está el alumn@ satisfech@?
- ✓ El estudiante, ¿progresa significativamente de una manera eficiente en la adquisición objetiva de nuevas habilidades/conocimiento procedimental?
- ✓ ¿Aplica las nuevas estrategias en su currículum de modo apropiado?
- ✓ Los cambios en el PEA del alumno, ¿mejoran el sistema educativo que se está considerando?



se le hace al grupo de alumnos (sobre todo en las sesiones de tutoría y en la entrevista final) en el correspondiente seguimiento (tablas 2 y 8). Concretamente, los factores que se analizan en la memoria y la correspondiente presentación oral se muestran en la figura 20.

CONTENIDO A EVALUAR	PORCENTAJE
<b>Presentación del informe</b>	<b>20</b>
A. 1 El trabajo está relacionado con la actividad prevista ....	2
A. 2 El título refleja el contenido ....	2
A. 3 Las palabras clave clasifican bien el trabajo ....	2
A. 4 El resumen es comprensible y refleja el contenido ....	4
A. 5 El trabajo está bien presentado .....	3
A. 6 El trabajo está bien estructurado y organizado ....	4
A. 7 Los recursos tecnológicos aplicados son los adecuados ....	3
<b>Contenido y detalle de la aplicación</b>	<b>50</b>
B. 8 Los contenidos están bien expuestos y articulados ....	5
B. 9 Los métodos están claramente descritos ...	10
B. 10 Existe una relación conexa clara de razonamiento cognitivo progresivo ....	7
B. 11 Existe una clara concreción de los resultados ....	5
B. 12 Las conclusiones son claras y bien fundamentadas en los datos ....	10
B. 13 Las referencias mencionadas son las apropiadas ....	5
B. 14 Se usan los apéndices/anexos de forma adecuada ....	8
<b>Originalidad y fundamentos</b>	<b>30</b>
C. 15 Se usan con soltura los conceptos y contenidos de la asignatura ....	7
C. 16 El lenguaje y la sintaxis utilizados son los adecuados ....	7
C. 17 Se hace uso de una adecuada gestión de los recursos disponibles ....	10
C. 18 El contenido es original ....	2
C. 19 El trabajo es valioso ....	2
C. 20 Se hacen contribuciones personales interesantes ....	2

Figura 20. Criterios de evaluación del PFC.

## 6. Conclusiones.

Las nuevas orientaciones surgidas del proceso de Convergencia Europea en la Enseñanza Superior implican estrategias didácticas de enseñanza-aprendizaje y evaluación por competencias que requieren de la interacción con el alumnado, el trabajo en grupo y una evaluación ligada a las tareas de clase. En este contexto, las estrategias de enseñanza en resolución de problemas ubicadas dentro del marco de enseñanza-aprendizaje conocido a nivel internacional como Problem Based Learning (PBL) conducen a adquirir competencias como:

- (1) Transformar enunciados habituales de los problemas de sus asignaturas (ciencias e ingeniería) en problemas de enunciado abierto.
- (2) Resolver los problemas abiertos haciendo uso de los procedimientos característicos de la ciencia: análisis cualitativo, hipótesis, estrategias como alternativas y análisis de resultados.
- (3) Orientar la resolución de los problemas abiertos que abordan los equipos de estudiantes (en base a un trabajo cooperativo) bajo una estructura de seminario.

Se ha presentado una propuesta para trabajar el PFC desde la metodología RDP. Se ha observado que no se puede considerar de una manera estricta dentro de esa metodología, aunque es una situación ideal para trabajar de modo coordinado con otras asignaturas, en un proyecto multidisciplinar. Este enfoque lleva a planificar de forma cuidadosa la definición de las tareas a utilizar, haciendo uso de actividades muy específicas. Para ello hay que estimar muy bien los tiempos implicados, y hacer uso indispensable de la evaluación continuada (pero no en un sentido convencional), para lo que hay que aprender a evaluar en término de competencias (no de tareas). Además, es inevitable el control de los grupos con los que se trabaja. Se exige un profundo cambio, en definitiva, de mentalidad en los papeles del binomio alumno/profesor.

El alumnado comenta que es excesiva la documentación que tiene que manejar, pero ¿cómo le vamos a hacer llegar el espíritu ECTS si no predicamos con el ejemplo, y somos coherentes con lo que se propugna? Por esta razón se deja a su criterio el analizar la documentación, que se le provee, para que pueda elegir de una forma autónoma, papel que juegan el Plan Docente y la Guía de la asignatura.

Con este tipo de metodologías docentes se potencia el trabajo cooperativo; concretamente:

- ✚ dónde encaja el trabajo en grupo dentro del curso,
- ✚ cuál es el propósito general y cuáles son los objetivos de aprendizaje,
- ✚ si los objetivos del aprendizaje son lo suficientemente específicos, útiles, realistas y están al alcance de los estudiantes,
- ✚ si el cronograma de las actividades grupales es coherente y si los estudiantes cuentan con tiempo suficiente para realizarlas,
- ✚ el tamaño de cada grupo y la heterogeneidad de las características de sus integrantes,
- ✚ quiénes son los estudiantes, cuáles son sus intereses, puntos fuertes y necesidades pedagógicas,
- ✚ las fuentes bibliográficas que se requieren para cada sesión,
- ✚ la clase de liderazgo que debe ejercer,
- ✚ los roles y responsabilidades de los estudiantes,
- ✚ cómo deben tomarse las decisiones en cada grupo,
- ✚ cómo deben ser evaluados los estudiantes,
- ✚ etc.

Tabla 8. Detalle del tipo de cuestiones que se plantean en algunas de las fases de la evaluación durante la acción tutorial.

ACCIÓN QUE SE EVALÚA		COMPETENCIA	APTITUD CUBIERTA	PREGUNTA REALIZADA/ENFOQUE CUBIERTO
Búsqueda de información de una manera óptima	EF	C4	Individualización del PEA: división de tareas	Fuentes consultadas y constructores usados Tiempo que se ha empleado en realizar la búsqueda
Definición del problema abierto según estándares	ES	C4	Participación proactiva del alumno	Rigor y precisión del planteamiento propuesto Forma en la que se declara la definición del PFC Justificación de la elección planteada
Distribución de roles dentro del grupo	EF	C5	Contribuir al espíritu colaborativo del grupo	Razonar la propuesta de distribución de roles realizada ¿Cómo se ha realizado la carga de trabajo en el grupo? ¿Se ha hecho un seguimiento de la productividad?
Previsión de las dificultades que han de surgir	EF	C5	Análisis cualitativo de la solución buscada	¿Cómo se interpreta la resolución de forma aproximada de un SEAL? ¿Existe un análisis cualitativo del problema?
Buscar valores para fijar el problema numérico	EF	C4	Coordinación con otras asignaturas	¿Cómo disponer los datos para la teoría algebraica?
Planteamiento de la resolución	EF	C5	Organización de tareas	¿Qué tipo de metodología se aplica? ¿Cómo se distribuye el trabajo entre los miembros? ¿Existe un mapa conceptual de la implementación? ¿Se ha presentado un diagrama Gantt de tiempos?
Contraste de resultados	ES	C4	Coherencia de los resultados con la teoría	¿Se han obtenido los resultados buscados? ¿Se justifican los valores obtenidos?
Análisis de las dificultades encontradas	EF	C4	Aportaciones de interés	¿Cómo han resuelto las dificultades que han surgido? ¿Cómo se han gestionado los recursos empleados? Proponer al alumnado una situación problemática, que sea consecuencia directa del PFC trabajado
Coste computacional de la implementación	EF	C5	Contraste de resultados	¿Cómo se mide el coste del método utilizado?
Métodos de trabajo en grupo aplicados	ES	C5	Capacidad de autoevaluación	Calidad del informe de autoevaluación presentado ¿Qué valores destacan sus compañeros de trabajo?
Informe científico de la experiencia en el PFC	ES	C4	Favorecer el uso de la estructura adecuada	¿Qué uso se hace del lenguaje matemáticas y las relaciones formales? ¿Cómo se razona?
Presentación oral del informe	ES	C5	Coherencia de la defensa realizada	Justificación razonada de la memoria llevada a cabo
Entrevista final	EF	C5	Uso del conocimiento procedimental	¿Cómo responde el alumnado a las preguntas hechas?
Actitud en la tutoría	EF	C4	Relación más empática entre alumnado/ profesorado	¿Actitud positiva dentro de la estructura del grupo? ¿Se muestra abierto, activo, productivo, eficiente, eficaz, ...? ¿Cuál es la postura adopta ante sus compañeros?