

ANÁLISIS PREVIO DE LA TITULACIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Introducción

El análisis que resumimos en esta memoria ha sido realizado por los grupos de profesores firmantes de los proyectos “Fundamentos matemáticos y físicos de la Ingeniería Industrial”, “Diseño multidisciplinar e integrado de Planes Docentes en la titulación de Ingeniería Industrial”, y “Diseño coordinado de Planes Docentes de asignaturas relacionadas con los materiales, procesos de diseño y fabricación de componentes industriales”. Las conclusiones son el fruto de la discusión realizada en tres sesiones.

Este análisis no pretende ser un estudio exhaustivo y completo, ni tan siquiera técnicamente bien desarrollado, de los contextos en los que se debe desenvolver la titulación de Ingeniería Industrial. Esto es debido fundamentalmente a dos razones. En primer lugar, es evidente que no disponemos ni de los conocimientos ni del tiempo necesarios para llevarlo a cabo. Por otra parte, este mismo estudio está siendo realizado en estos momentos por especialistas mediante la elaboración de los llamados “libros blancos”. Con nuestro trabajo hemos pretendido simplemente contrastar opiniones sobre aspectos claves de nuestra docencia, y llegar a unos acuerdos básicos que permitan expresar algunas conclusiones.

Contexto profesional

Desde nuestro punto de vista, que corresponde quizás una percepción académica, el ingeniero industrial es un titulado de perfil generalista dentro del contexto ingenieril, que debe haber adquirido las siguientes capacidades al final de sus estudios:

(Profesionales)

1. Identificar y formular problemas de ingeniería.
2. Resolver dichos problemas aplicando conocimientos científicos y técnicos o utilizando técnicas y herramientas actuales.
3. Analizar y valorar los resultados obtenidos y tomar decisiones.
4. Diseñar sistemas, componentes, procesos y procedimientos para alcanzar objetivos.

(Personales)

5. Funcionar en equipos multidisciplinarios.
6. Comunicar de forma efectiva
7. Entender el impacto de la técnica en un contexto social global
8. Ser capaz de reciclarse

En nuestra opinión es válida la lista de competencias, habilidades y conocimientos propuesta en el proyecto de elaboración de “libro blanco” de la titulación de Ingeniería Industrial. Esta lista se recoge en la tabla 1, que incluye una puntuación de 1 (poco considerada) a 4 (muy considerada) realizada por los profesores que participan en los proyectos mencionados.

Valoración de competencias, habilidades y conocimientos		1	2	3	4
1	Capacidad de análisis y síntesis				
2	Capacidad de organización y planificación				
3	Comunicación oral y escrita				
4	Conocimiento de lengua extranjera				
5	Conocimientos de informática				
6	Capacidad de gestión de la información				
7	Resolución de problemas				
8	Toma de decisiones				
9	Trabajo en equipo				
10	Trabajo en un contexto internacional				
11	Habilidades en las relaciones interpersonales				
12	Reconocimiento a la diversidad y la multiculturalidad				
13	Razonamiento crítico				
14	Compromiso ético				
15	Aprendizaje autónomo				
16	Adaptación a nuevas situaciones				
17	Creatividad				
18	Liderazgo				
19	Conocimiento de otras culturas y costumbres				
20	Iniciativa y espíritu emprendedor				
21	Motivación por la calidad y mejora continua				
22	Sensibilidad por temas Medioambientales				
23	Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica				
24	Conocimientos básicos de la profesión				
25	Capacidad para comunicarse con personas no expertas en la materia				

Tabla1: Lista de competencias, habilidades y conocimientos

Contexto curricular

1. Itinerarios académicos

La figura 1 muestra un diagrama de bloques en el que se observan las relaciones existentes entre las asignaturas pertenecientes al Plan de Estudios¹ de la titulación de Ingeniero Industrial, y que figuran en los proyectos “Fundamentos matemáticos y físicos de

¹ Este Plan de Estudios fue aprobado el 25 de Julio de 1994 (BOE del 19-8-1994) y modificado el 22 de Octubre de 1998 (BOE del 12-11-1998).

la Ingeniería Industrial” y “Diseño coordinado de Planes Docentes de asignaturas relacionadas con los materiales, procesos de diseño y fabricación de componentes industriales””. Dado que las asignaturas contempladas en el proyecto “Diseño multidisciplinar e integrado de Planes Docentes en la titulación de Ingeniería Industrial” no fueron agrupadas atendiendo a criterios de afinidad, no las consideraremos en este punto. En la figura, las asignaturas incluidas en los proyectos aparecen en **negrita**. Los títulos subrayados se corresponden con la denominación común que aparece en el B.O.E. en el caso de las asignaturas troncales. Los números que aparecen entre paréntesis detrás del nombre de cada asignatura y que se encuentran separados por un punto, se refieren al curso y al cuatrimestre de impartición, respectivamente. A continuación comentaremos por separado la relación existente entre las asignaturas pertenecientes a cada uno de los proyectos.

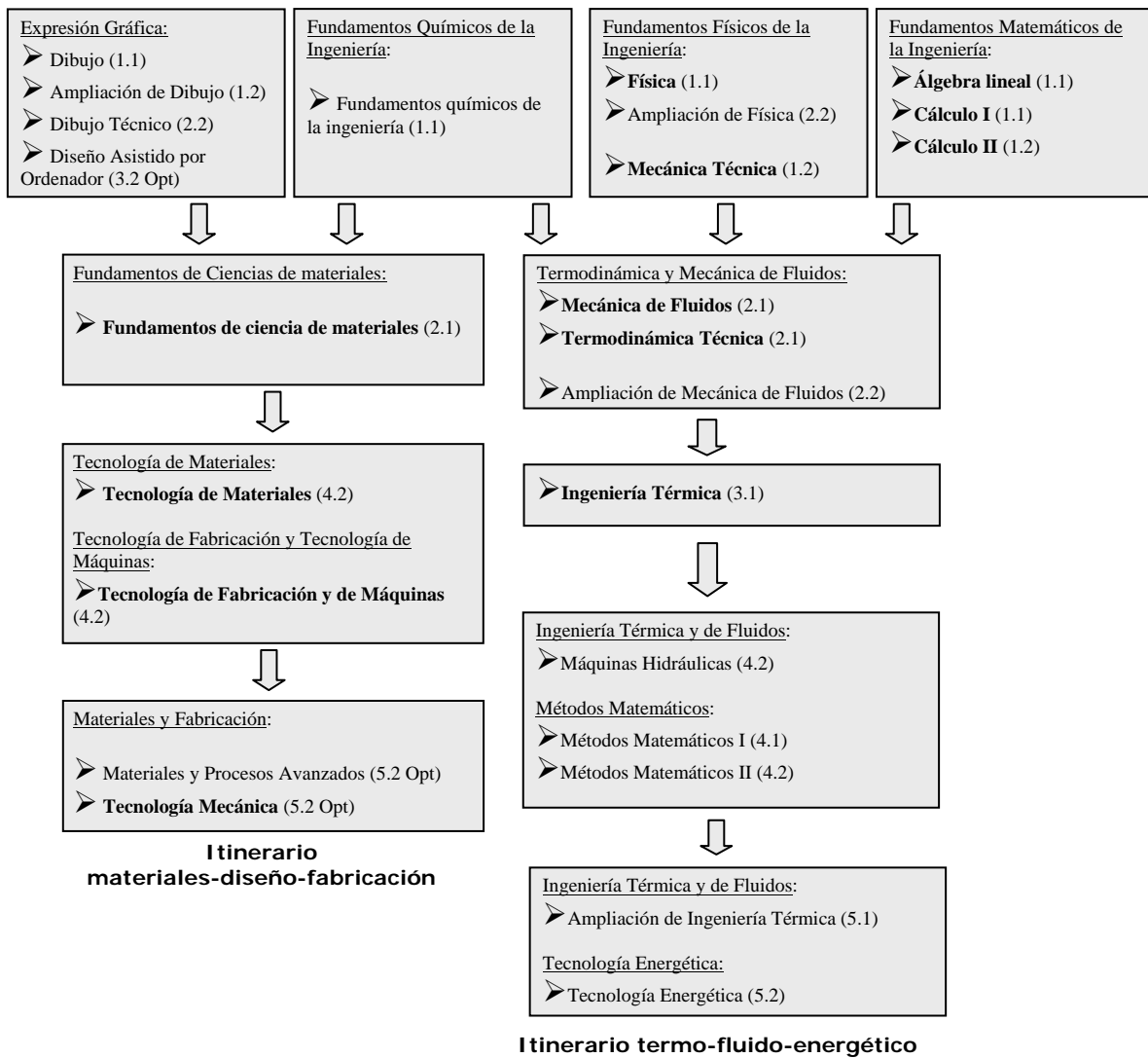


Figura1: Diagrama de bloques

Proyecto “Fundamentos matemáticos y físicos de la Ingeniería Industrial”

Este proyecto engloba a un conjunto de asignaturas pertenecientes a un itinerario común que podríamos denominar “termo-fluido-energético”. En primer lugar, y dada la fuerte componente de cálculo que tienen estas materias, se puede afirmar que todas las asignaturas de Matemáticas estarían incluidas en este itinerario. Estas asignaturas son:

- *Álgebra lineal* (Troncal, 6 créditos, 1^{er} curso)
- *Cálculo I* (Troncal, 7,5 créditos, 1^{er} curso)
- *Cálculo II* (Troncal, 7,5 créditos, 1^{er} curso)
- *Métodos Matemáticos I* (Troncal, 6 créditos, 4^o curso)
- *Métodos Matemáticos II* (Troncal, 6 créditos, 4^o curso)

Las materias en las que se imparten conocimientos básicos de Física deben ser igualmente consideradas. Así, la asignatura *Física* (Troncal, 7,5 créditos, 1^{er} curso) incluye temas dedicados a la Mecánica, Teoría de Campos y Termodinámica Fundamental íntimamente relacionados con este itinerario. La asignatura *Ampliación de Física* (Troncal, 4,5 créditos, 2^o curso) dedica algunos temas a la Teoría Cinética de Gases, disciplina conectada con los fundamentos de la Mecánica de Fluidos. En la asignatura *Mecánica Técnica* (Obligatoria, 4,5 créditos, 1^{er} curso) se introducen conceptos de cinemática, se analizan los sistemas de fuerzas, y se establecen principios básicos muy útiles posteriormente.

La asignatura *Fundamentos Químicos de la Ingeniería* (Troncal, 6 créditos, 1^{er} curso) cierra el conjunto de asignaturas de primer año relacionadas con este itinerario. En esta materia se establecen, por ejemplo, los fundamentos químicos de la combustión que será considerada frecuentemente en el resto de las asignaturas.

Es de destacar la estrecha relación existente entre la Mecánica de Fluidos y la Termodinámica. En este sentido, es lógico encontrar un cierto solapamiento de los programas de las asignaturas relacionadas con estas materias. La asignatura *Termodinámica Técnica* (Troncal, 7,5 créditos, 2^o curso) desarrolla en detalle aspectos termodinámicos de la Mecánica de Fluidos. La asignatura *Termodinámica Técnica* también incluye lecciones dedicadas a problemas elementales de movimiento de fluidos. En el tercer curso de la titulación se imparte la asignatura *Ingeniería Térmica* (Obligatoria, 9 créditos, 3^{er} curso) que trata los fundamentos de la transmisión de calor y sus aplicaciones industriales. Se dedican varias lecciones al estudio de la transmisión de calor en sus tres formas (conducción, radiación y convección). La convección, con evidentes implicaciones fluidomecánicas, es tratada obviando detalles propios de la Mecánica de Fluidos. La formación del alumno en temas relacionados con la Termodinámica se completa con las asignaturas *Ampliación de Termodinámica* (Obligatoria, 6 créditos, 4^o curso) y *Ampliación de Ingeniería Térmica* (Troncal, 4,5 créditos, 5^o curso).

Con carácter general, podemos afirmar que las máquinas fluidodinámicas se dividen en máquinas hidráulicas y térmicas, según sea el régimen de compresibilidad del flujo que las

atraviesa (incompresible en las máquinas hidráulicas, y compresible en las térmicas). En este sentido, no debemos olvidar la relación (aunque sea indirecta) existente entre la asignatura *Máquinas Hidráulicas* y todas aquellas que analizan el funcionamiento de las máquinas térmicas. Por ejemplo, la asignatura *Termodinámica Técnica* (Troncal, 7,5 créditos, 2º curso) incluye en la actualidad temas dedicados a las turbinas de vapor y a los turbocompresores.

A lo largo de la titulación podemos encontrar varias asignaturas que analizan el funcionamiento de las turbinas (hidráulicas o de vapor). Así, las asignaturas *Tecnología Energética* (Troncal, 6 créditos, 5º curso), *Sistemas Energéticos* (Optativa, 6 créditos, 2º ciclo) y *Fuentes Alternativas de Energía* (Libre elección, 6 créditos) abordan este problema desde distintos puntos de vista. Debemos mencionar también la asignatura *Turbomáquinas* (Optativa, 6 créditos, 2º ciclo) impartida por el Área de Máquinas y Motores Térmicos del Departamento de Ingeniería Química y Energética. Esta asignatura está dedicada casi exclusivamente al estudio de las turbinas (hidráulicas y de vapor). El programa se completa con el análisis del funcionamiento de turbocompresores y turborreactores. También requiere una mención la asignatura *Aerogeneradores* (Optativa, 6 créditos, 2º ciclo) que desarrolla conceptos relacionados tanto con la Aerodinámica (y, por lo tanto, con la Mecánica de Fluidos) como con la maquinaria hidráulica.

Proyecto “Diseño coordinado de Planes Docentes de asignaturas relacionadas con los materiales, procesos de diseño y fabricación de componentes industriales”

Una de las posibles salidas profesionales del ingeniero industrial es el diseño de componentes industriales. En el plan de estudios de Ingeniería Industrial existen numerosas asignaturas que aportan conocimientos para que se pueda desarrollar esta labor. El proyecto “Diseño coordinado de Planes Docentes de asignaturas relacionadas con los materiales, procesos de diseño y fabricación de componentes industriales” engloba a algunas de ellas.

En primer lugar, deben considerarse las asignaturas relacionadas con la concepción espacial y la representación gráfica, como son: *Dibujo* y *Ampliación de Dibujo*, ambas impartidas por el Departamento de Expresión Gráfica en el primer curso. En *Dibujo* se trabaja sobre la concepción espacial y las técnicas de representación de objetos. *Ampliación de Dibujo* presenta, entre otros contenidos, la forma normalizada de preparar planos de componentes industriales (acotación, acabados superficiales, tolerancias y ajustes, uniones...).

También en el primer curso, la asignatura *Física* incluye temas en los que se explican los principios básicos de mecánica y electromagnetismo, necesarios para entender ciertos procesos de fabricación y el comportamiento de los materiales. En la asignatura *Fundamentos Químicos de la Ingeniería* se aportan conocimientos básicos para entender el comportamiento de los materiales en la fabricación de componentes industriales. Por ejemplo, se imparten temas sobre metales, su comportamiento y propiedades, o sobre polímeros y su obtención.

Se pueden considerar relacionadas con este proyecto las asignaturas en las que se analiza el comportamiento de los componentes ante sollicitaciones externas. Por este

motivo, deberíamos mencionar las asignaturas *Mecánica* de primer curso y *Resistencia de Materiales I* de segundo curso.

La asignatura *Fundamentos de Ciencia de Materiales*, de segundo curso, desarrolla contenidos sobre los materiales usados en la fabricación de componentes industriales (metales, polímeros, cerámicos y compuestos), explicando las técnicas de obtención de los mismos y su comportamiento en servicio.

En tercer curso se encuentran las asignaturas *Teoría de Máquinas* y *Diseño de Máquinas* que describen los componentes de las máquinas. Estas asignaturas aportan ciertos conocimientos sobre el funcionamiento de las máquinas utilizadas en fabricación (que se describirán, por ejemplo en *Tecnología de Fabricación y de Máquinas*). También describen ciertos componentes industriales que podrían ser objeto de diseño y su comportamiento en uso.

Las técnicas de fabricación de componentes industriales se imparten en el cuarto curso. La asignatura *Tecnología de Fabricación y de Máquinas* incluye temas sobre metrología, técnicas de soldadura, técnicas de fabricación por deformación plástica, técnicas de corte, técnicas de fabricación por arranque de material. Por otro lado, en la asignatura *Tecnología de Materiales* se imparten conocimientos básicos de metalurgia y se describen los procesos de fabricación por moldeo y por sinterización. Se produce un cierto solapamiento entre ambas asignaturas al tratar las técnicas de soldadura. Sin embargo, cada una se centra en un aspecto diferente. *Tecnología de Materiales* se centra en los aspectos metalúrgicos de la soldadura, y *Tecnología de Fabricación y de Máquinas* en la descripción de las técnicas y equipos de soldadura utilizados a nivel industrial.

Finalmente, en la titulación se ofertan dos optativas de segundo ciclo para completar los conocimientos sobre materiales y fabricación de componentes industriales. En *Tecnología Mecánica* se estudian algunas técnicas de fabricación más modernas o menos frecuentes. También se considera la aplicación de Control Numérico a la fabricación de componentes. En *Materiales y Procesos avanzados* se presentan avances en materiales y técnicas de procesado y caracterización de los mismos.

2. Requisitos de acceso

Es nuestra opinión que debería existir un examen de ingreso elaborado por profesores de la Escuela de Ingenierías Industriales como requisito de acceso adicional a los requisitos generales ya existentes. Esta prueba de acceso debería evaluar, por un lado, los conocimientos adquiridos por el alumno durante la Educación Secundaria relacionados con la Ingeniería Industrial (Física, Matemáticas, Dibujo, Química, ...), y por otro, las capacidades intelectuales que le permitirán sacar provecho del proceso de aprendizaje que se desarrolla en la titulación.

Si este procedimiento de selección no pudiera ser articulado legalmente, sería conveniente establecerlo al menos con carácter orientativo o informativo, persiguiendo dos objetivos: (1) que el alumno conozca sus condiciones de partida en relación a la titulación que va a estudiar para fortalecer sus debilidades, o incluso para modificar su elección de carrera; y (2) que el centro de enseñanza conozca con fundamento los conocimientos y aptitudes con los que parten sus alumnos antes de iniciar los estudios universitarios, para de esta manera enfocar adecuadamente la docencia.

Este examen podría ser aprovechado por parte del centro para obtener otro tipo de información relevante acerca de sus estudiantes; por ejemplo, con qué prioridad eligieron la carrera de Ingeniería Industrial, o cuáles fueron sus calificaciones en la Educación Secundaria en asignaturas relacionadas con la titulación. Toda esta información permitiría realizar un análisis previo crucial para reducir al máximo el fracaso o el abandono de los estudios.

3. Estrategias de coordinación intra e interdepartamental en el marco de la titulación

En nuestra opinión la coordinación entre profesores de una misma titulación es una componente esencial para que la enseñanza sea de calidad. La coordinación debe abarcar distintos aspectos de la docencia. En una primera fase, es necesario establecer los Planes Docentes de las asignaturas de forma coordinada, evitando solapamientos, estableciendo itinerarios coherentes, unificando nomenclaturas, etc. En una segunda fase, se debe realizar un seguimiento de los planes acordados y evaluar de forma conjunta el grado de eficacia del proceso de aprendizaje planteado. La coordinación debe ser estimulada y dirigida por el Centro a través de la figura del Coordinador de la Titulación. Pensamos que no debería considerarse como algo “optativo”, sino como parte consustancial de nuestra labor docente.

Un procedimiento para elaborar los Planes Docentes de las asignaturas de la titulación podría constar de las siguientes etapas:

1. Profesores pertenecientes a un Área de Conocimiento se coordinan entre sí y con profesores de áreas afines (pertenecientes al mismo u a otro Departamento) para acordar los Planes Docentes de sus asignaturas.
2. Estos Planes Docentes se trasladan al Departamento responsable de la docencia para que sean aprobados como propuestas al Centro

3. El Coordinador de la Titulación recibe las propuestas y establece un procedimiento que involucre a los profesores implicados para realizar, si fuera el caso, alguna modificación del Plan Docente.
4. El Coordinador de la Titulación traslada los Planes Docentes revisados a los Departamentos para su aprobación definitiva.

En este esquema, el Departamento debe propiciar fundamentalmente la coordinación intradepartamental, mientras que el Centro, a través del Coordinador de la Titulación, debe asegurarse de que también tenga lugar la coordinación entre distintos Departamentos.

Acerca de la duración de 1 crédito ECTS

Los Planes Docentes de las asignaturas implicadas en los tres proyectos que agrupa esta memoria han sido elaborados bajo la suposición de que 1 crédito ECTS equivaldrá a **27 horas** de trabajo. Esta elección se encuentra dentro de los límites (25-30 horas) fijados por la normativa, y es ligeramente superior al valor (25 horas) comúnmente aceptado. En nuestra opinión, esta elección se ajusta a la dificultad intrínseca que posee la titulación en la que se enmarcan nuestras asignaturas.

I Convocatoria de acciones para la adaptación de UEx al EEES

Cálculo II

Identificación y características de la materia 1				
Denominación	Cálculo II			
<i>Curso y Titulación</i>	1º Ingeniería Industrial			
Profesor	Félix Cabello Sánchez			
<i>Área</i>	Matemática Aplicada			
<i>Departamento</i>	Matemáticas			
<i>Tipo y ctos. LRU</i>	Troncal (5+2,5 ctos LRU)			
<i>Coefficientes</i>	Practicidad: 2 (medio-bajo)		Agrupamiento: 2 (medio-bajo)	
<i>Duración ECTS (créditos)</i>	Segundo Cuatrimestre		6 ECTS (162 h)	
<i>Distribución ECTS (rangos)</i>	Grupo Grande:20 %	Seminario-Lab.:22%	Tutoría ECTS:4 %	No presenciales: 54%
	33 horas	36 horas	6 horas	88 horas
<i>Descriptorios (según BOE)</i>	Cálculo Infinitesimal e Integral. Cálculo Numérico. Ecuaciones Diferenciales. Variable Compleja. Transformadas integrales			

La asignatura en el Plan de Estudios

El Plan de Estudios para la titulación de Ingeniero Industrial de la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Extremadura fue aprobado el 25 de Julio de 1994 (BOE del 19-8-1994) y modificado el 22 de Octubre de 1998 (BOE. del 12-11-1998). Este Plan de Estudios establece que en el primer curso de la titulación se impartirá la asignatura troncal de segundo cuatrimestre **Cálculo II**, con una asignación de 7,5 créditos (5 créditos teóricos y 2,5 créditos prácticos), continuación natural de **Cálculo I** (también troncal y que se imparte en el primer cuatrimestre con una asignación de 7,5 créditos (5 teóricos y 2,5 prácticos). Los descriptores marcados por el BOE. para **Cálculo I** y **Cálculo II** son: **Cálculo Infinitesimal e Integral, Cálculo Numérico, Ecuaciones Diferenciales, Variable compleja, Transformadas integrales.**

II. Objetivos

<i>Relacionados con competencias académicas y disciplinares</i>	<i>Vinculación</i>
Descripción	
Adquirir el sentido de la “aproximación suficiente”	
Conocimiento y comprensión de los conceptos fundamentales e ideas básicas de la asignatura. Por supuesto, esto incluye la adquisición y manejo de la terminología propia del Cálculo	
Aprender a reconocer e interpretar tales conceptos cuando aparecen en otros campos, ya sean cercanos (álgebra, estadística, física, mecánica) o lejanos (dibujo, economía, ingeniería).	
Pensar sobre conceptos generales, lo que dará lugar posteriormente a que las técnicas especiales se asienten y se ordenen de forma natural	
Familiarizarse con el uso de técnicas y métodos analíticos y geométricos para plantear y resolver problemas.	
Comprensión, al nivel de sus fundamentos, de los conceptos del Cálculo, intentando encontrar los fenómenos que nos rodean que se pueden explicar con ellos	
Comprender que las leyes científicas no son la realidad, sino una descripción de lo que somos capaces de captar de ella. Es decir, entender en qué consiste la modelización matemática de la realidad.	
Aplicar los conocimientos adquiridos a hechos o situaciones nuevas	
Diferenciar entre modelos generales y casos particulares, así como entre conceptos fundamentales y las consecuencias que se derivan de ellos	
Diferenciar entre las hipótesis que se declaran y las consecuencias que surgen de ellas	
Adquirir la capacidad de captar la coherencia o incoherencia interna de explicaciones que se le dan	

<i>Relacionados con otras competencias personales y profesionales</i>	<i>Vinculación</i>
Descripción	
Contribución a la formación humana, cultural, científica y técnica de nuestros alumnos.	
Transmisión de un espíritu crítico.	
Transmisión de la idea de que forman parte de un entorno social que está haciendo un esfuerzo para que ellos logren su formación, al que deben respetar y ayudar en su desarrollo	
Transmitir la idea de que son parte fundamental de la Universidad, que deben hacer suyos los objetivos anteriores y que deben aceptar que además de derechos, tienen responsabilidades hacia la Universidad	
Intentar transmitir el método científico como herramienta conceptual básica de las disciplinas científico-técnicas..	
Transmisión de un espíritu crítico.	
Transmisión de la idea de que forman parte de un entorno social que está haciendo un esfuerzo para que ellos logren su formación, al que deben respetar y ayudar en su desarrollo	

III. Contenidos

<i>Secuenciación de bloques temáticos y temas</i>
1. Cálculo integral para funciones reales de variable real
1.1. Integral de Riemann
Introducción. Particiones. Sumas superiores e inferiores. La definición de función integrable y de integral. Integrabilidad de funciones continuas y monótonas. Sobre las funciones integrables en sentido de Riemann.
1.2. Propiedades de la integral
Linealidad de la integral. Aditividad respecto del intervalo. Comportamiento frente a desigualdades.
1.3. Teorema fundamental del cálculo
(Primer) Teorema de la media integral. Funciones área. Su continuidad. Teorema fundamental del cálculo. Ejemplos. Aplicación al cálculo de integrales: regla de Barrow.
1.4. Funciones primitivas
Definición. Propiedades inmediatas. Integración por partes. Integración mediante cambio de variable. Ejemplos típicos (cambios de variable usuales). Integración de funciones racionales.
1.5. Integración aproximada
Método de rectángulos. Método de los trapecios. Método de Simpson. Acotación de los errores cometidos. Ejemplos. Aproximación uniforme e integral. Ejemplos. Aplicación: derivada del límite uniforme con énfasis en las series de potencias.
1.6. Integrales impropias
Definiciones. Ejemplos. Integrabilidad absoluta. Criterio de comparación. Criterio de comparación por cociente. Ejemplos.
1.7. Primeras aplicaciones de la integral
Cálculo del área de figuras planas. Longitud de arcos de curva. Volumen de sólidos con secciones conocidas. Aplicaciones al cálculo de probabilidades.
1.8. Introducción a las series de Fourier
Una nueva distancia entre funciones. Ortogonalidad del sistema trigonométrico. Los coeficientes de Fourier. Ejemplos. La serie de Fourier y su convergencia puntual. El fenómeno de Gibbs.
2. Integrales de línea
2.1. Integral de una función sobre una curva
Definición para una curva parametrizada. Ejemplos. Interpretación geométrica. Independencia de la parametrización. Propiedades básicas. Ejemplos.
2.2. Integral de un campo sobre una curva
Trabajo e interpretación geométrica. Definición para una curva parametrizada. Ejemplos. Independencia de la parametrización cuando se conserva la orientación. Definición de forma diferencial. La diferencial y otros ejemplos. Integral de una forma diferencial y su relación con la integral de un campo. Ejemplos. Aplicaciones: integrales en el campo complejo. Ley de Ampère. Estudio de las trayectorias termodinámicas.
2.3. Campos conservativos
Regla de Barrow para gradientes y formas diferenciales exactas. Independencia de la trayectoria. Campos conservativos.

Caracterización sobre dominios simplemente conexos. Reconstrucción del potencial. Ejemplos. Aplicación a las funciones holomorfas.
3. Integración de funciones de varias variables
3.1. Integral de Riemann en varias variables
Integral de una función sobre un rectángulo. Linealidad. Teorema de Fubini. Ejemplos. Integración en regiones más generales. Ejemplos. Cambio de orden. Cambio de variables. Ejemplos. Integrales triples. Aplicaciones inmediatas: áreas y volúmenes, cálculo de probabilidades. Teorema de Green. Teorema de la divergencia en el plano.
3.2. Otras aplicaciones de las integrales dobles y triples
¿Cómo reconocer una integral? Ejemplos: masas, centro de masa, momento de inercia.
3.3. Integral de superficie
Determinación del área de la gráfica de una función de dos variables. Área de una superficie parametrizada. Justificación de las fórmulas correspondientes. Ejemplos. Integral de una función escalar sobre una superficie. Ejemplos y aplicaciones. Superficies orientables y no orientables (ejemplos). Integral (flujo) de un campo vectorial sobre una superficie. Interpretación geométrica. Ejemplos. Teorema de Stokes. Teorema de Gauss (de la divergencia). Aplicaciones: Ecuación de Euler para un fluido perfecto. Ecuación del calor. Ecuaciones de Maxwell y la ecuación de ondas (se dará alguna de ellas).
4. Introducción a las ecuaciones diferenciales
4.1. Algunas situaciones en las que aparecen ecuaciones diferenciales
Caída libre y retardada. Descomposición radiactiva. Circuitos eléctricos
4.2. Ecuaciones de primer orden
Planteamiento del problema. Campos de direcciones y curvas integrales. Resolución aproximada: método de las isoclinas y quebradas de Euler. Algo sobre existencia (y unicidad) de las soluciones. Ecuaciones de variables separadas. Ecuaciones homogéneas. Ecuaciones exactas. Búsqueda de factores integrantes. Ecuaciones lineales. Soluciones en serie de potencias.
4.3. Ecuaciones lineales de segundo orden
Consideraciones generales sobre las soluciones. Condiciones iniciales. Búsqueda de las soluciones de la ecuación homogénea. El caso de coeficientes constantes. Búsqueda de una solución particular: método de los coeficientes indeterminados y de variación de parámetros. Ecuaciones lineales con coeficientes constantes.
4.4. La transformada de Laplace
Transformación de Laplace. Introducción. Definición. Condiciones de existencia. Unicidad. Cálculo de algunas transformadas y de algunas transformadas inversas. Propiedades básicas. Linealidad. Regla del desplazamiento. Transformada de la derivada y de la integral de una función. Aplicación a la resolución de ecuaciones diferenciales Ecuaciones lineales con coeficientes constantes. Sistemas diferenciales lineales.

<i>Interrelación</i>			
Requisitos (Rq) y redundancias (Rd)		Tema	<i>Procedencia</i>
Cálculo Diferencial	Rq	Todos	Cálculo I
Álgebra matricial	Rq	3 y 4	Álgebra Lineal
Campos vectoriales	Rd	2 y 3	Física
Análisis vectorial	Rd	3	Física

IV. Metodología docente y plan de trabajo del estudiante

<i>Actividades de enseñanza-aprendizaje</i>				<i>Vinculación</i>	
<i>Descripción y secuenciación de actividades</i>	<i>Tipoⁱⁱ</i>		<i>Dⁱⁱⁱ</i>	<i>Tema</i>	<i>Objetivo</i>
0.1 Presentación de la asignatura	GG	C-E	0,5		
0.2 Encuesta de conocimientos previos	GG	C-E	0,5		
1. Integración de funciones reales (una variable)					
1.1 Introducción del tema	GG	T	3(4)		
1.2 Estudio de los contenidos explicados	NP	T	4		
1.3 Seminario dudas y discusión	S	T	1		
1.4 Seminario problemas	S	P	2(1)		
1.5 Estudio y resolución de problemas	NP	P	4		
1.6 Tutoría: planificación del estudio	Tut	CE	0,5		
1.7 Conclusión del tema	GG	T	3(4)		
1.8 Estudio de los contenidos explicados	NP	T	4		
1.9 Seminario dudas y discusión	S	T	1		
1.10 Seminario problemas	S	P	2(1)		
1.11 Estudio y resolución de problemas	NP	P	4		
1.12 Tutoría: dificultades en el estudio	Tut	P	0,5		
1.13 Seminarios: dudas, problemas, complementos	S	P	4		
1.14 Estudio, ampliación, repaso y problemas	NP	C-E	6		
1.15 Tutoría	Tut		0,5		
2. Integrales de línea					
2.1 Introducción del tema	GG	T	3(4)		
2.2 Estudio de los contenidos explicados	NP	T	4		
2.3 Seminario dudas y discusión	S		1		
2.4 Seminario problemas	S	P	2(1)		
2.5 Estudio y resolución de problemas	NP	P	4		
2.6 Tutoría: planificación del estudio	Tut	CE	0,5		
2.7 Conclusión del tema	GG	T	3(4)		
2.8 Estudio de los contenidos explicados	NP	T	4		
2.9 Seminario dudas y discusión	S	T	1		
2.10 Seminario problemas	S	P	2(1)		
2.11 Estudio y resolución de problemas	NP	P	4		
2.12 Tutoría: dificultades en el estudio	Tut	P	0,5		
2.13 Seminarios: dudas, problemas, complementos	S	P	4		
2.14 Estudio, ampliación, repaso y problemas	NP	C-E	6		
2.15 Tutoría	Tut		0,5		
3. Integración de funciones reales (varias variables)					
3.1 Introducción del tema	GG	T	3(4)		
3.2 Estudio de los contenidos explicados	NP	T	4		
3.3 Seminario dudas y discusión	S	T	1		
3.4 Seminario problemas	S	P	2(1)		
3.5 Estudio y resolución de problemas	NP	P	4		
3.6 Tutoría: planificación del estudio	Tut	P	0,5		
3.7 Conclusión del tema	GG	T	3(4)		
3.8 Estudio de los contenidos explicados	NP	T	4		
3.9 Seminario dudas y discusión	S	T	1		
3.10 Seminario problemas	S	P	2(1)		
3.11 Estudio y resolución de problemas	NP	P	4		
3.12 Tutoría: dificultades en el estudio	Tut	P	0,5		
3.13 Seminarios: dudas, problemas, complementos	S	P	4		
3.14 Estudio, ampliación, repaso y problemas	NP	C-E	6		
3.15 Tutoría	Tut	P	0,5		

4. Ecuaciones diferenciales					
4.1	Introducción del tema	GG	T	3(4)	
4.2	Estudio de los contenidos explicados	NP	T	4	
4.3	Seminario dudas y discusión	S	T	1	
4.4	Seminario problemas	S	P	2(1)	
4.5	Estudio y resolución de problemas	NP	P	4	
4.6	Tutoría: planificación del estudio	Tut	P	0,5	
4.7	Conclusión del tema	GG	T	3(4)	
4.8	Estudio de los contenidos explicados	NP	T	4	
4.9	Seminario dudas y discusión	S	T	1	
4.10	Seminario problemas	S	P	2(1)	
4.11	Estudio y resolución de problemas	NP	P	4	
4.12	Tutoría: dificultades en el estudio	Tut	P	0,5	
4.13	Seminarios: dudas, problemas, complementos	S	P	4	
4.14	Estudio, ampliación, repaso y problemas	NP	C-E	6	
4.15	Tutoría	Tut	P	0,5	
Examen final		GG	C-E	4	

<i>Distribución del tiempo (ECTS)</i>			<i>Dedicación del alumno</i>		<i>Dedicación del profesor</i>	
<i>Distribución de actividades</i>		<i>Nº alumnos</i>	<i>H. presenc.</i>	<i>H. no presenc.</i>	<i>H. presenc.</i>	<i>H. no presenc.</i>
Grupo grande (Más de 20 alumnos)	Coordinac./evaluac.	60	5	-	5	10
	Teóricas	60	28	32	28	14
	Prácticas	-	-	-	-	-
	Subtotal	-	33	32	33	24
Seminario- Laboratorio (6-20 alumnos)	Coordinac./evaluac.	20	-	-	-	-
	Teóricas	20	-	-	-	-
	Prácticas	20	36	56	108	36
	Subtotal	-	36	56	108	36
Tutoría ECTS (1-5 alumnos)	Coordinac./evaluac.	1	2	-	120	60
	Teóricas/Prácticas	2	4	-	120	-
	Subtotal	-	6	-	240	60
Totales			75 (2,78 ECTS)	88 (3,26 ECTS)	381	120

V. Evaluación

<i>Criterios de evaluación*</i>		<i>Vinculación*</i>	
Descripción		<i>Objetivo</i>	<i>CC^{iv}</i>
1. Demostrar la adquisición, comprensión y capacidad de uso de los principales conceptos de la asignatura		Todos	70%
2. Participación activa en los seminarios de problemas		Todos	30%

<i>Actividades e instrumentos de evaluación</i>		
Examen final	<ul style="list-style-type: none"> Constará de una prueba de respuestas múltiples (30% de la calificación final) y otra prueba de desarrollo escrito, con varios problemas (40% de la calificación final) 	70%
Seminarios y Tutorías ECTS	Se valorará la participación en los seminarios de problemas	30%
	Se utilizará la tutoría ECTS como instrumento adicional de evaluación	(10%)