

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.

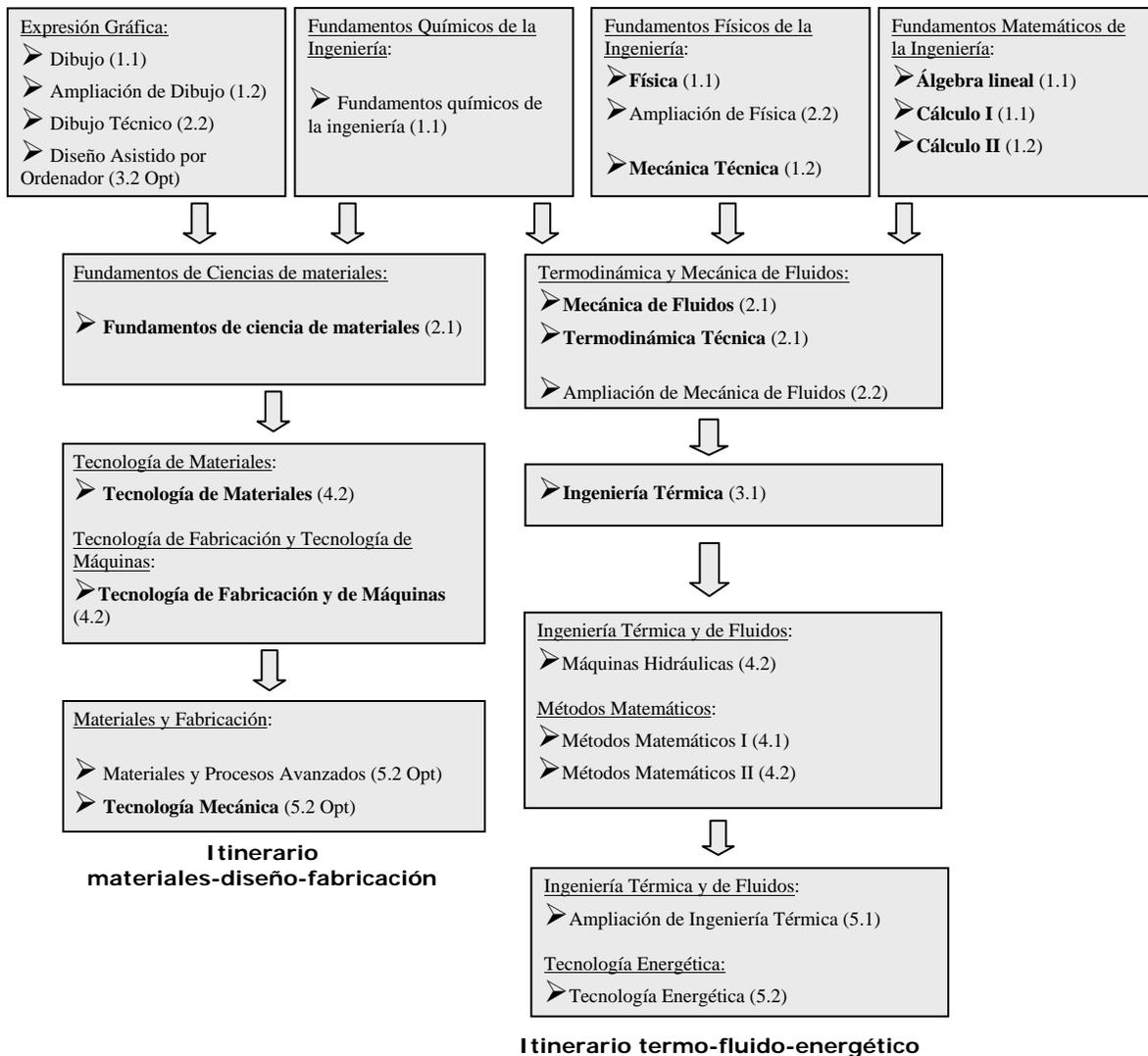


Figura1: Diagrama de bloques

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.

Cálculo I

I. Descripción y contextualización

| Identificación y características de la materia 1 | | | | |
|--|--|--------------------|------------------------------|----------------------|
| Denominación | Cálculo I | | | |
| <i>Curso y Titulación</i> | 1º Ingeniería Industrial | | | |
| Profesor | Dolores Cáceres Marzal | | | |
| <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> | Primer Cuatrimestre | | 6 ECTS (162 h) | |
| <i>Distribución ECTS (rangos)</i> | Grupo Grande:20 % | Seminario-Lab.:20% | Tutoría ECTS:5 % | No presenciales: 55% |
| | 32,4 horas | 32,4 horas | 8,1 horas | 89,1 horas |
| <i>Descriptores (según BOE)</i> | Cálculo Infinitesimal e Integral. Cálculo Numérico | | | |

II. Objetivos

| <i>Relacionados con competencias académicas y disciplinares</i> | <i>Vinculación</i> |
|--|--------------------|
| Descripción | |
| 1.- Entender y saber definir con precisión los conceptos matemáticos | |
| 2.- Comprender el concepto de aproximación | |
| 3.- Facilitar el desarrollo de la intuición mediante la motivación sistemática de los conceptos que se introduzcan utilizando ejemplos y contraejemplos. | |
| 4.- Introducir al alumno en el rigor y en el uso correcto del lenguaje matemático | |
| 5.- Dominar las técnicas de cálculo elementales | |
| 6.- Manejar programas de cálculo numérico y simbólico | |
| <i>Relacionados con otras competencias personales y profesionales</i> | <i>Vinculación</i> |
| Descripción | |
| 7.- Resolver problemas a partir de los conocimientos adquiridos | |
| 8.- Ser capaz de transmitir los conceptos estudiados | |
| 9. Trabajar en equipo | |

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 cuatrimestral *Cálculo I*, con una asignación de 7,5 créditos (5 créditos teóricos y 2,5 créditos prácticos). La continuación natural de *Cálculo I* es la asignatura denominada *Cálculo II*. Esta última asignatura es también troncal y se imparte en el segundo 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*.

Puesto que la asignatura de *Cálculo I* está enmarcada en el plan de estudios de la titulación de Ingeniería Industrial, aparece fuertemente relacionada con otras asignaturas que simultáneamente están cursando los alumnos así como con otras que cursarán posteriormente.

Simultáneamente a la asignatura de *Cálculo I* se imparte la asignatura de *Álgebra Lineal* (Troncal, 6 créditos, 1^{er} curso). Estas dos asignaturas proporcionan las herramientas necesarias para la asignatura de *Física* (Troncal, 7,5 créditos, 1^{er} curso) y que, además, debido a la simultaneidad de todas ellas refuerzan la agilidad matemática del alumno.

La relación de esta asignatura de *Cálculo I* con el resto de las asignaturas de la titulación es evidente en cuanto que los fundamentos que se estudian en esta asignatura serán una herramienta muy potente y, necesaria para el alumno, no sólo para cualquier asignatura de la titulación sino también para su proyección profesional. Es por ello por lo que, se puede considerar esta asignatura fuertemente vinculada a todas y cada una de las asignaturas de la titulación de Ingeniería Industrial.

Aunque ya se ha comentado el carácter vinculante de esta asignatura con el resto de la titulación, sí convendría destacar que esta conexión se ve reforzada con ciertas asignaturas que serán una continuación natural del *Cálculo I*. Entre las mismas están la asignatura de *Cálculo II* (Troncal, 7,5 créditos, 1^{er} curso), *Métodos Estadísticos aplicados a la Ingeniería* (Troncal, 6 créditos, 1er curso), *Métodos Matemáticos I* (Troncal, 6 créditos, 4^o curso), *Métodos Matemáticos II* (Troncal, 6 créditos, 4o curso) y *Matemáticas Computacionales* (Optativa, 6 créditos, 1^{er} ciclo).

III. Contenidos

| <i>Secuenciación de bloques temáticos y temas</i> |
|--|
| Bloque 1. Números Reales |
| 1. El conjunto de los números reales |
| 1.1.- Introducción 1.2.- Ampliación de los campos numéricos 1.3.- Definición axiomática y primeras propiedades 1.4.- El axioma del supremo |
| 2. Topología de R. Sucesiones de números reales |
| 2.1.- Introducción 2.2.- Valor absoluto. Distancia. Intervalos. Clasificación de los puntos de un conjunto 2.3.- La recta real ampliada 2.4.- Sucesiones de números reales: Definición. Límite. Propiedades del límite. Cálculo de límites |
| 3. Series Numéricas |
| 3.1.- Introducción 3.2.- Definición y primeras propiedades 3.3.- Condición necesaria para la convergencia 3.4.- Series de términos positivos. Criterios 3.5.- Series alternadas : Criterio de Leibnitz 3.6.- Series de términos cualesquiera: Convergencia absoluta y condicional |
| Bloque 2. Funciones de una variable |
| 4. Funciones reales de variable real. Límites y continuidad |
| 4.1.- Introducción 4.2.- Funciones reales de variable real 4.3.- Tipos de funciones. Funciones inversas y compuestas 4.4.- Límite de una función: Definición y propiedades, Límites laterales, límites infinitos y en el infinito, operaciones 4.5.- Continuidad de una función en un punto: Definición y propiedades, discontinuidades, teorema del signo de una función continua 4.6.- Continuidad de una función en un intervalo: Teorema de Bolzano, teorema de los valores intermedios y teorema de Weiertrass, continuidad uniforme |
| 5. Derivada de una función real |
| 5.1.- Introducción 5.2.- Derivada de una función en un punto. Interpretación geométrica 5.3.- Relación entre continuidad y derivabilidad 5.4.- Función derivada. Derivadas sucesivas 5.5.- Cálculo de derivadas 5.6.- Diferencial de una función en un punto. Interpretación geométrica |
| 6. Operaciones, propiedades y aplicaciones de las funciones derivables |
| 6.1.- Introducción 6.2.- Aplicaciones de la derivada a la determinación de crecimiento y decrecimiento y de extremos de funciones 6.3.- Funciones derivables en un intervalo. Teoremas del valor medio y consecuencias 6.4.- Aproximación por funciones polinómicas. Fórmula de Taylor y aplicaciones 6.5.- Representación gráfica de funciones |
| 7. Sucesiones y series de funciones |
| 7.1.- Introducción 7.2.- Sucesiones de funciones. Convergencia puntual y uniforme 7.3.- Series de funciones. Series de potencias 7.4.- Desarrollo de una función en serie de potencias y aplicaciones |

| |
|--|
| Bloque 3. Funciones de varias variables |
| 8. Topología de \mathbb{R}^n |
| 8.1.- Introducción 8.2.- El espacio vectorial normado \mathbb{R}^n : Norma, distancia, bolas 8.3.- Puntos y subconjuntos en \mathbb{R}^n 8.4.- Conjuntos compactos y conexos |
| 9.- Límite y Continuidad de una función en varias variables |
| 9.1.- Introducción 9.2.- Concepto de límite: Definición, propiedades. 9.3.- Límites direccionales y reiterados 9.4.- Funciones continuas: Definición, propiedades 9.5.- Continuidad uniforme |
| 10.- Derivabilidad y Diferenciabilidad |
| 10.1.- Introducción 10.2.- Caso de funciones vectoriales 10.3.- Derivada direccional. Derivada parcial 10.4.- Diferencial de una función. Diferenciabilidad. Condición necesaria. Condición suficiente. Regla de la cadena. Teorema del valor medio 10.5.- Derivadas y diferenciales de orden superior |
| 11.- Funciones inversas e implícitas |
| 11.1.- Introducción 11.2.- Función inversa 11.3.- Funciones implícitas definidas por una sola ecuación 11.4.- Funciones implícitas definidas por un sistema de ecuaciones |
| 12.- Fórmula de Taylor y aplicaciones |
| 12.1.- Introducción 12.2.- La fórmula de Taylor 12.3.- Extremos relativos 12.4.- Extremos relativos condicionados. Método de los multiplicadores de Lagrange 12.5.- Extremos absolutos |

| <i>Interrelación</i> | | | |
|-------------------------------------|----|------|--------------------|
| Requisitos (Rq) y redundancias (Rd) | | Tema | <i>Procedencia</i> |
| Derivadas parciales | Rd | 10 | Física (1º) |
| | | | |

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> |
| 1. Presentación de la asignatura | GG | C-E | 0,5 | 1-12 | Todos |
| 2. Encuesta de conocimientos previos | GG | C-E | 0,5 | 1-12 | 1 |
| 3. Introducción en el campo de los números reales | GG | T | 4 | 1-3 | 1,2,3,4,5 |
| 4. Estudio de los contenidos explicados | NP | T | 4 | 1-3 | 1-5 |
| 5. Explicación y discusión en clase | GG | T | 1,3 | 1-3 | 1-5, 8 |
| 6. Resolución de problemas con números reales | S | P | 4 | 1-3 | 1-5 |
| 7. Resolución de problemas con números reales | NP | P | 5 | 1-3 | 7 |
| 8. Repaso-evaluación | S | C-E | 2 | 1-3 | Todos |
| 9. Planificación del estudio | Tut | P | 1 | 1-3 | Todos |
| 10. Teoría de funciones reales de una variable real | GG | T | 10 | 4-7 | 1-5 |
| 11. Estudio de los contenidos explicados | NP | T | 10 | 4-7 | 1-5 |
| 12. Explicación y discusión en clase | GG | T | 1,5 | 4-7 | 1-5,8 |
| 13. Resolución de problemas sobre funciones reales | S | P | 4 | 4-7 | 1-5, 7 |
| 14. Resolución de problemas sobre funciones reales | NP | P | 6 | 4-7 | 1-5, 7 |
| 15. Repaso-evaluación | S | C-E | 2 | 4-7 | Todos |
| 16. Planificación del estudio | Tut | P | 2,1 | 4-7 | Todos |
| 17. Preparación de un trabajo sobre un tema de la materia | NP | P | 6 | 1-7 | 1-5,7 |
| 18. Exposición oral del trabajo preparado. Debate con compañeros | Tut | C-E | 1,5 | 1-7 | Todos |
| 19. Realización de prácticas sobre números reales y funciones reales de una variable con programa de cálculo numérico y simbólico | S | P | 7,2 | 1-7 | Todos |
| 20. Teoría sobre funciones de varias variables | GG | T | 10,4 | 8-12 | 1-5 |
| 21. Estudio de los contenidos explicados | NP | T | 9 | 8-12 | 1-5 |
| 22. Explicación y discusión en clase | GG | T | 1,2 | 8-12 | 1-5,8 |
| 23. Resolución de problemas sobre funciones de varias variables | S | P | 4 | 8-12 | 1-5,7 |
| 24. Resolución de problemas sobre funciones de varias variables | NP | P | 6 | 8-12 | 1-5,7 |
| 25. Repaso-evaluación | S | C-E | 2 | 8-12 | Todos |
| 26. Planificación del estudio | Tut | P | 1,5 | 8-12 | Todos |
| 27. Realización de prácticas con funciones de varias variables mediante programa de cálculo numérico y simbólico | S | P | 7,2 | 8-12 | Todos |
| 28. Preparación de un trabajo sobre un tema de la materia | NP | P | 5 | 8-12 | Todos |
| 29. Exposición oral del trabajo preparado. Debate con compañeros | Tut | C-E | 2 | 8-12 | Todos |
| 30. Elaboración de un trabajo de prácticas | NP | P | 8 | 1-12 | Todos |
| 31. Estudio y preparación del examen final | NP | T-P | 35,1 | 1-12 | Todos |
| 32. Examen final | GG | C-E | 3 | 1-12 | Todos |

| <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 | 4 | - | 4 | 10 |
| | Teóricas | 60 | 28,4 | 23 | 28,4 | 10 |
| | Prácticas | 60 | - | 12 | - | - |
| | Subtotal | 60 | 32,4 | 35 | 32,4 | 20 |
| Seminario- Laboratorio (6-20 alumnos) | Coordinac./evaluac. | 15 | 6 | - | - | 30 |
| | Teóricas | 15 | - | - | - | 6 |
| | Prácticas | 15 | 26,4 | 19 | 129,6 | 8 |
| | Subtotal | 15 | 32,4 | 19 | 129,6 | 44 |
| Tutoría ECTS (1-5 alumnos) | Coordinac./evaluac. | 5 | 3,5 | - | 42 | 8 |
| | Teóricas | 5 | 3,3 | - | 39,6 | 8 |
| | Prácticas | 5 | 3,3 | - | 39,6 | 8 |
| | Subtotal | 5 | 8,1 | - | 121,2 | 24 |
| Tutoría comp. y preparación de ex. | | 1 | | 35,1 | - | 15 |
| Totales | | | 72,9 (2,7 ECTS) | 89,1 (3,3 ECTS) | 283,2 | 103 |

V. Evaluación

| <i>Criterios de evaluación*</i> | <i>Vinculación*</i> | |
|--|---------------------|------------------------|
| | <i>Objetivo</i> | <i>CC^{iv}</i> |
| 1. Demostrar la adquisición, comprensión de los principales conceptos de la asignatura | 1-5 | 30% |
| 2. Resolver problemas aplicando conocimientos estudiados | 1, 7, 8 | 30% |
| 3. Preparar con rigor las exposiciones teórico-prácticas sobre los temas elegidos | Todos | 20% |
| 4. Exponer con claridad los trabajos realizados. | Todos | |
| 5. Realizar correctamente las prácticas de laboratorio | Todos | 10% |
| 6. Participar activamente en la resolución de problemas en clase. | Todos | 10% |

| <i>Actividades e instrumentos de evaluación</i> | | |
|---|---|-------|
| Seminarios y Tutorías ECTS | <ul style="list-style-type: none"> La valoración de las actividades prácticas, junto a la evaluación continua del trabajo y la dedicación en el desarrollo de las mismas (20%). Será necesario tener aprobadas las prácticas para aprobar la asignatura. | 30% |
| | <ul style="list-style-type: none"> Elaboración y exposición pública de los trabajos tutorizados de los temas (10%) <ul style="list-style-type: none"> La realización de problemas en clase reportará al alumno una bonificación sobre su nota final de hasta un punto. | (10%) |
| Examen final | <ul style="list-style-type: none"> La evaluación final constará de una prueba objetiva de 20 ítems de respuestas múltiples (30% de la calificación final) y otra prueba de desarrollo escrito, con varios problemas (30% de la calificación final) | 60% |