

## **Grado en Ingeniería de Organización Industrial**

### **30106 - Matemáticas II**

**Guía docente para el curso 2014 - 2015**

**Curso: 1, Semestre: 2, Créditos: 6.0**

---

### **Información básica**

---

#### **Profesores**

- **Antonio Otal German** aotal@unizar.es
- **Cesar Asensio Chaves** -
- **Etelvina Javierre Perez** etelvina@unizar.es
- **Daniel Casanova Ortega** casanov@unizar.es
- **María Teresa Sánchez Rúa** -
- **Inmaculada Urriés Ortiz** -
- **Angeles Dena Arto** -

#### **Recomendaciones para cursar esta asignatura**

El perfil recomendable para cursar la asignatura Matemáticas II es poseer los conocimientos y destrezas adquiridos en las asignaturas *Matemáticas I y II de Bachillerato*, preferiblemente de orientación científico-tecnológica. Sería aconsejable haber asimilado además los conceptos contenidos en la asignatura Matemáticas I (30100) impartida en el semestre anterior.

Para seguir de un modo correcto esta asignatura es además necesario tener una buena disposición para realizar un trabajo y esfuerzo continuado desde el inicio del curso. Es además aconsejable que el alumno resuelva sus dudas a medida que vayan surgiendo, tanto en el aula como haciendo uso de las tutorías y medios que el profesor pone a su disposición

#### **Actividades y fechas clave de la asignatura**

Consultar la página web de los centros para obtener información acerca de:

- calendario académico (periodo de clases y periodos no lectivos, festividades, periodo de exámenes)
- horarios y aulas
- fechas en las que tendrán lugar los exámenes de las convocatorias oficiales de la asignatura

Además el profesor informará con la suficiente antelación de las fechas de realización de las distintas pruebas asociadas al sistema de evaluación continua. Estas fechas se fijarán con antelación por el profesor, y pueden modificarse con previo

aviso si el desarrollo del calendario así lo exige.

---

## Inicio

---

## Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

**El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...**

**1:**

Sabe aplicar los resultados fundamentales del Álgebra Lineal, la Geometría Analítica y la Geometría Diferencial. Es además capaz de describir conceptos básicos como el de matriz, solución de un sistema lineal, ortogonalidad y subespacio vectorial, elementos euclídeos, curvas y superficies en el espacio y las integrales asociadas a ellas.

**2:**

Desarrolla y experimenta estrategias de resolución de problemas y distingue el método más adecuado en cada situación.

**3:**

Es capaz de razonar la dificultad de resolver un problema de forma exacta y la necesidad de recurrir a la aplicación de métodos de aproximación numérica para su resolución, determinando el grado de precisión y el error cometido.

**4:**

Sabe utilizar algún software matemático en sus aplicaciones al Álgebra Lineal e Integrales de línea y superficie.

**5:**

Es capaz de plantear y resolver con rigor problemas de las áreas anteriores aplicados a la Ingeniería de Organización Industrial, seleccionando de forma crítica los métodos y resultados teóricos más adecuados, y ante la complejidad de la resolución de estos problemas reales de modo analítico es capaz de resolverlos con el software matemático propuesto en el apartado 4.

**6:**

Es capaz de resolver, trabajando en equipo, los problemas del apartado 5, ampliando la información y los métodos propuestos en el aula. Es además capaz de realizar presentaciones orales de los resultados obtenidos, usando el lenguaje matemático adecuado y los programas informáticos más convenientes.

**7:**

Es capaz de expresar tanto de forma oral como escrita y utilizando el lenguaje científico, los conceptos básicos de la asignatura así como el proceso de resolución de problemas.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

La asignatura Matemáticas II pretende introducir al alumno en los conceptos del Álgebra Lineal Aplicada, la Geometría y los Métodos Numéricos que le resultarán básicos para cursar con éxito otras asignaturas del Grado. Se pretende que el alumno se familiarice con el lenguaje matricial, haciendo de las matrices la herramienta para abordar y desarrollar los procedimientos propios del Álgebra Lineal y la Geometría.

La asignatura se estructura en tres bloques básicos:

1. Matrices, sistemas de ecuaciones y sus métodos numéricos.
2. Espacios vectoriales y aplicaciones lineales.
3. Geometría.

Cada uno de los bloques anteriores está acompañado de sus correspondientes aplicaciones.

El primer bloque está orientado a la resolución de sistemas de ecuaciones lineales, para lo cual se introduce el lenguaje matricial. Se hace hincapié en las aplicaciones de dichos conceptos a problemas relacionados con la Ingeniería de Organización Industrial. Se introducen los métodos numéricos para resolver aquellos problemas que no tengan solución de manera exacta.

El segundo bloque introduce al alumno por primera vez en una estructura algebraica abstracta: el espacio vectorial. Además, se estudian las aplicaciones lineales desde un punto de vista matricial.

En el tercer bloque se formalizan algebraicamente los conceptos geométricos, introduciendo los espacios euclídeo y afín euclídeo. Para ello se utiliza el lenguaje matricial desarrollado en los bloques anteriores.

Se pretende así cubrir un área de conocimiento estándar en Matemáticas, que sirve como punto de partida en el resto de las asignaturas básicas, por ejemplo Matemáticas III. El énfasis se pone en los conceptos más concretos, ilustrándolos siempre con ejemplos tomados de la Física y la Ingeniería, y se complementan con técnicas de cálculo que hacen uso de software especializado, moderno y de libre distribución. En todo momento se fomenta la participación del alumno y su interacción con el profesor, bien a través de clases y/o tutorías presenciales, bien a través de la plataforma **Moodle**, que se usa como referencia virtual para la distribución de material, comunicación con los alumnos y publicación de resultados.

---

## **Contexto y competencias**

---

### **Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura**

#### **La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:**

Los métodos matemáticos básicos forman parte de las numerosas herramientas con las que todos los profesionales de la Ingeniería deben contar para resolver los problemas que aparecen en su trabajo.

A pesar de que esta titulación no habilita para el ejercicio de la profesión regulada de Ingeniero Técnico Industrial, en el diseño de la titulación en IOI se han incorporado buena parte de las competencias y módulos definidos por la orden CIN 351/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico Industrial. En particular, la asignatura Matemáticas II pertenece al **módulo de formación básica** para abordar, además de las competencias genéricas del Ingeniero Técnico Industrial, la **capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la Ingeniería, así como la aptitud para aplicar los conocimientos sobre: álgebra lineal y geometría y sus métodos numéricos**.

Matemáticas II es una asignatura de carácter obligatorio de 6 créditos ECTS y se encuentra en el segundo cuatrimestre de primer curso.

#### **Contexto y sentido de la asignatura en la titulación**

La asignatura Matemáticas II se imparte durante el segundo semestre del primer curso del Grado en Ingeniería de Organización Industrial.

La asignatura pretende capacitar al alumno para el seguimiento de otras asignaturas de carácter científico del plan de estudios que tienen las matemáticas, y más concretamente el álgebra, como herramienta básica. Los contenidos que se tratarán en la asignatura tienen gran aplicación práctica en otras disciplinas de la titulación como la física, la estadística, la investigación operativa, el dibujo, la informática, la mecánica, la economía o la logística. El lenguaje, el pensamiento crítico y el modo de razonar que proporcionan las matemáticas, facilitará al alumno la comprensión de dichas asignaturas.

#### **Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...**

**1:**

Resolver problemas y tomar decisiones con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico.

- 2:** Comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en castellano.
- 3:** Aprender de forma continuada y desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo.
- 4:** Aplicar las tecnologías de la información y de las comunicaciones en la ingeniería.
- 5:** Resolver los problemas matemáticos que puedan plantearse en la Ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre: Álgebra Lineal y sus Métodos Numéricos, Geometría y Geometría diferencial.

### **Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:**

Los resultados de aprendizaje que se obtienen son importantes porque proporcionan a los estudiantes los conocimientos matemáticos y procedimentales que se encuentran en la base de otras asignaturas de carácter científico-tecnológico del Grado, como, por ejemplo, las asignaturas de Física, Informática, Mecánica, Estadística, Investigación Operativa, Economía, Electrónica, Resistencia de materiales... La capacidad para aplicar técnicas matemáticas a la resolución de problemas concretos de los distintos campos relacionados con la ingeniería, resulta una competencia fundamental de un ingeniero/oficial, así como la utilización de recursos ya existentes y la interpretación de los resultados obtenidos.

---

## **Evaluación**

---

### **Actividades de evaluación**

#### **El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación**

- 1:** A lo largo del semestre el alumno deberá realizar pruebas de dos tipos: teórico-prácticas y aplicadas.
- En las pruebas teórico-prácticas se evaluará:
- El entendimiento de los conceptos matemáticos usados para resolver los problemas.
  - El uso de estrategias y procedimientos eficientes en su resolución.
  - Explicaciones claras y detalladas.
  - La ausencia de errores matemáticos en el desarrollo y las soluciones.
  - Uso correcto de la terminología y notación.
  - Exposición ordenada, clara y organizada.
- En las pruebas aplicadas se evaluará:
- La correcta resolución de los problemas y los métodos y estrategias matemáticas empleadas.
  - El dominio y uso correcto de los comandos del software matemático necesarios para resolver las pruebas prácticas.
  - La correcta interpretación de los resultados obtenidos.
  - La capacidad para seleccionar el método más apropiado.
  - Explicaciones y/o razonamientos claros y detallados a las preguntas realizadas.

- El resultado y calidad final de la prueba aplicada.
  - La calidad y coordinación en la exposición de la misma.
  - El lenguaje matemático utilizado.
  - La actitud mostrada durante el desarrollo de la prueba, así como la mayor o menor participación en la misma.
- 

## Actividades y recursos

### Perfil empresa

---

### Presentación metodológica general

#### **El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:**

Las clases de teoría y problemas se intercalan con las actividades de evaluación, de tal forma que haya tiempo suficiente para preparar las actividades propuestas pero que estas no se superpongan entre sí. Así se consigue que la motivación extra que supone una evaluación impulse la consecución de los resultados de aprendizaje.

Las prácticas con ordenador no están separadas de las clases, sino que las clases se imparten en salas con ordenadores que permiten trasladar de manera inmediata los conceptos a su implementación informática. Con esto se consigue que los conceptos teóricos se refuercen con una forma rápida de efectuar los cálculos, y que la teoría y la práctica se integren tanto como sea posible. La teoría tiene su reflejo inmediato en la práctica, y la flexibilidad informática permite explorar más en profundidad algunos aspectos teóricos.

También se fomentan todas las vías de comunicación entre los estudiantes y el profesor, mediante tutorías presenciales, correo electrónico y la plataforma **Moodle**, que sirve como guía y referencia de la asignatura en cuanto a consultas, programación y planificación, comunicación día a día, distribución de material y asignación de tareas. De esta forma el contacto con la asignatura es continuo y dinámico.

En todas las aplicaciones de la informática a la materia bajo estudio se usa sólo software de libre distribución, de manera que todos los alumnos puedan acceder a él tanto dentro como fuera del centro.

### Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

#### **El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...**

**1:**

**Clases teóricas**, en las que se exponen los conceptos fundamentales que constituyen el cuerpo de conocimientos básicos que deben aprenderse para conseguir los resultados de aprendizaje. Los conceptos teóricos se complementan con ejemplos detallados que ilustran su funcionamiento dentro de un contexto concreto.

**2:**

**Clases prácticas**, en las que se proponen problemas que deberán resolverse empleando los métodos y conceptos considerados con anterioridad. En estas clases se fomenta la discusión, la participación, la cooperación y la reflexión. El uso del paquete informático adecuado a cada situación es permanente (**Maxima** para cálculo simbólico, **Octave** para cálculo numérico), de manera que las clases de problemas son a su vez clases de prácticas con el ordenador. Así, el uso del ordenador se enfoca de forma natural como el método de cálculo más conveniente, y quedan integradas las técnicas informáticas con las técnicas abstractas.

**3:**

**Controles de participación**, que son clases de problemas y sesiones de evaluación a la vez. Mientras los alumnos resuelven un problema propuesto, se puede evaluar su implicación y colaboración además del

resultado que obtienen. Esto sirve como motivación para que trabajen el problema de forma colectiva y con el profesor, facilitando la asimilación de conceptos que se persigue.

**4:**

**Trabajo personal**, en el que los alumnos dedican tiempo fuera de clase para estudiar los conceptos impartidos en clase, resolver problemas análogos y/o complementarios a los considerados en clase.

## Planificación y calendario

### Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

Puesto que la asignatura consta de 6 créditos ECTS, y cada uno de ellos consta de 25 horas divididas en 10 horas de trabajo tutelado y 15 horas de trabajo autónomo, las actividades de aprendizaje presenciales como las **clases teóricas** y **clases prácticas**, y las actividades de evaluación presenciales como **controles de participación** y **pruebas escritas**, ocuparán **60** horas durante el semestre. Las actividades presenciales como las **tutorías personales**, y las no presenciales como las **tutorías virtuales** (a través del correo electrónico o la plataforma **Moodle**), la **preparación de exámenes**, el **desarrollo de problemas** y el **estudio** para la asimilación de conceptos, técnicas y herramientas requerirán **90** horas de trabajo autónomo del alumno. Todas estas actividades deben sumar las **150** horas necesarias para lograr los resultados de aprendizaje que persigue la asignatura.

La planificación concreta y completa de la asignatura se pondrá en conocimiento de los alumnos al comienzo del curso. Todas las actividades de evaluación quedarán entonces fijadas, salvo ajustes de calendario que se avisarán con la suficiente antelación. También desde el principio de curso quedarán fijadas las fechas de las convocatorias oficiales desde la dirección del centro.

La ubicación orientativa de los temas e hitos evaluatorios en las quince semanas lectivas del curso queda como sigue:

Semana	Tema	Contenidos	Hitos evaluatorios	Pesos	Contenido
1	1	Introducción a Octave			
2	2	Sistemas lineales			
3		Determinantes			
4		A.L. Numérica	1er control	5	Sist. Lin.
5	3	Espacios vectoriales			
6		Aprox. óptima	2º control	5	Espacios
7	4	Diagonalización			
8		Valores singulares	1ª prueba escrita	40	Álgebra Lineal
9	5	Geometría euclídea			
10			3er control	5	Geom. euclídea
11	6	Geometría de curvas			
12					
13			3er control	5	Curvas / Int. línea
14	7	Geom. de superficies			
15			2ª prueba escrita	40	Geom.Euc./Curvas/Sup

### Los contenidos de la asignatura son:

**1:**

**Introducción a Octave**

**2:**

## **Sistemas de ecuaciones lineales**

- Grupos, anillos, cuerpos
- Sistemas de ecuaciones lineales: operaciones elementales
- Eliminación gaussiana y rango de una matriz
- Teorema de caracterización de los sistemas lineales (Rouché-Frobenius)
- Determinantes
- Eliminación gaussiana numérica, número de condición
- Descomposiciones LU, QR y Choleski
- Métodos iterativos

**3:**

## **Espacios vectoriales con producto escalar**

- Independencia lineal, dimensión y base
- Subespacios
- Producto escalar
- Distancias, ángulos y ortogonalidad
- Sistemas y subespacios ortogonales
- Proyectores y teorema de aproximación óptima

**4:**

## **Diagonalización**

- Valores y vectores propios
- Descomposición espectral y funciones de matrices
- Matrices normales
- Cálculo numérico de autovalores
- Matrices compatibles
- Descomposición en valores singulares

**5:**

## **Geometría tridimensional euclídea**

- Geometría tridimensional euclídea: Espacio afín
- Distancias, producto escalar, producto vectorial, producto mixto
- Elementos euclídeos: Rectas, planos, esferas

**6:**

## **Geometría diferencial de curvas**

- Curvas tridimensionales, vector tangente, triángulo de Frenet
- Curvatura y torsión
- Campos vectoriales
- Integral de línea
- Independencia del camino
- Teorema de Green

**7:**

## **Geometría diferencial de superficies**

- Definición de superficie, ejemplos
- El plano tangente y el vector normal
- Integrales de superficie
- Teorema de Stokes, teorema de Gauss
- Métrica de superficies
- Curvatura
- Cálculo variacional
- Geodésicas

# **Evaluación**

## **Actividades de evaluación**

A lo largo del semestre el alumno deberá realizar varias pruebas de dos tipos:

1. Pruebas Teórico-Prácticas (P-T-P)
2. Pruebas Aplicadas (P-A)

Cada prueba será evaluada de 0 a 10 puntos y con todas las pruebas de cada tipo se obtendrá una nota media (ponderada). Para superar la asignatura será necesario obtener una calificación igual o superior a 5, calculada con la siguiente fórmula:

$$\text{Nota final} = \text{Nota (P-T-P)} \times 7 + \text{Nota (P-A)} \times 3 / 10$$

Los alumnos que no hayan obtenido una calificación igual o superior a 5 en la asignatura, podrán presentarse a un examen final de la parte no superada. Aquellos alumnos que deseen mejorar su nota en alguna de las partes podrán presentarse al examen final de la parte correspondiente. En este caso se considerará como calificación definitiva de esa parte de la asignatura la nota más alta.

1. Pruebas escritas: Los ejercicios individuales siguen siendo una manera fiable de saber si el alumno tiene capacidad para aplicar los métodos considerados. Tres exámenes se reparten a lo largo del semestre, cada uno abarcando partes diferentes del temario, si bien no siempre pueden ser excluyentes por la propia naturaleza de las Matemáticas. Las pruebas escritas comprenden un 80 % de la nota total, repartidas en dos pruebas con valores 40% y 40%.

2 Controles de participación: Algunas clases de problemas se complementan con la elaboración de ejercicios análogos a los considerados que se someten a evaluación, de forma similar a las pruebas anteriores pero centrados en problemas más concretos y de menor valor. De esta forma se evalúa la colaboración de los alumnos, tanto entre ellos como con el discurso de las clases, y su implicación en las actividades previas que llevan a la resolución de estos controles. Los controles de participación comprenden el 20% de la nota total, repartidos en cuatro controles con valores iguales.

4 Pruebas globales escritas: En cada una de las dos convocatorias oficiales se puede realizar una prueba global de evaluación, que consta de prueba global escrita que comprende el 100 %. Así, si un alumno no ha podido superar las pruebas escritas y los controles, puede optar mediante esta prueba a lograr la calificación más alta. Todos los alumnos tienen derecho a esta prueba global.

## **Criterios de evaluación**

En las pruebas Teórico-Prácticas se evaluará:

- El entendimiento de los conceptos matemáticos usados para resolver los problemas.
- El uso de estrategias y procedimientos eficientes en su resolución.
- Explicaciones claras y detalladas.
- La ausencia de errores matemáticos en el desarrollo y las soluciones.
- Uso correcto de la terminología y notación.
- Exposición ordenada, clara y organizada.

En las pruebas Teórico-Prácticas se evaluará:

- El dominio y uso correcto de los comandos del software matemático necesarios para resolver los problemas.
- La correcta resolución de los problemas y los métodos y estrategias matemáticas empleadas.
- El detalle del código utilizado en la resolución de los problemas.
- La correcta interpretación de los resultados obtenidos.
- La capacidad para seleccionar el método más apropiado.
- Explicaciones y/o razonamientos claros y detallados a las preguntas realizadas.
- El lenguaje matemático utilizado.

---

## **Actividades y recursos**

### **Perfil defensa**

---

## **Presentación metodológica general**

**El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:**

Los créditos de la asignatura se dividen en:

## **Clases presenciales (60 horas):**

### **- Actividades tipo I. Clases magistrales (teoría y problemas) (45 horas)**

Se utilizará la lección magistral en la que se presentarán los contenidos teóricos acompañados de ejemplos ilustrativos y la resolución de problemas sin que haya una separación explícita entre ambas.

Los contenidos de la asignatura versarán sobre los siguientes temas:

- Matrices I, Sistemas de ecuaciones lineales, Determinantes.
- Espacios vectoriales.
- Aplicaciones lineales.
- Valores y vectores propios. Diagonalización.
- Formas bilineales.
- Espacios euclídeos.
- Espacio afín euclídeo.

### **- Actividades tipo II. Prácticas aplicadas (12 horas)**

Se realizarán sesiones prácticas que se impartirán en el aula con el ordenador portátil que se ha proporcionado a los alumnos o en alguno de los laboratorios de informática. Se utilizará el software matemático "wxMaxima", que permitirá al alumno el trabajo con cálculo simbólico, numérico y gráfico, facilitando la comprensión de los resultados de aprendizaje propuestos.

### **- Actividades tipo III. Realización de exámenes y pruebas (3 horas)**

A lo largo del semestre el alumno deberá realizar varias pruebas de dos tipos:

- Pruebas Teórico-Prácticas (P-T-P)
- Pruebas Aplicadas (P-A)

Cada prueba será evaluada de 0 a 10 puntos y con todas las pruebas de cada tipo se obtendrá una nota media (ponderada). Para superar la asignatura será necesario obtener una calificación igual o superior a 5, calculada con la siguiente fórmula:

$$\text{Nota final} = (\text{Nota (P-T-P)} \times 8.5 + \text{Nota (P-A)} \times 1.5) / 10$$

## **Clases no presenciales (90 horas):**

### **- Actividades tipo IV. Prácticas aplicadas (25 horas)**

### **- Actividades tipo V. Estudio personal del alumno (65 horas)**

El alumno deberá dedicar este mínimo de horas al trabajo personal de la asignatura si quiere obtener el rendimiento adecuado.

## **Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)**

**El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...**

**1:**

**Clases teóricas** que permiten transmitir conocimientos al alumno, donde se exponen las bases necesarias para conseguir los resultados de aprendizaje. En dichas clases se propicia la participación de los alumnos en el aprendizaje.

**2:**

**Clases de problemas** en las que se combina la resolución de problemas en la pizarra por parte del profesor con el trabajo de los alumnos en grupos reducidos para concluir con la exposición oral de los resultados

obtenidos.

3:

**Clases de prácticas de ordenador** impartidas en el aula, con los ordenadores portátiles de que dispone el alumno, o en los laboratorios de informática, utilizando como software matemático el manipulador simbólico “*wxMaxima*”.

4:

**Atención personalizada** en tutorías tanto en grupos reducidos como de modo individual.

5:

**Estudio y trabajo personal** continuado por parte del alumno desde el inicio del curso.

6:

**Autoevaluaciones** de cada uno de los temas que el profesor deposita en la plataforma Moodle y en un plazo razonable recoge a los alumnos que considera oportuno para evaluar su dominio sobre el tema.

Posteriormente se deja la solución en Moodle para que cada alumno pueda autoevaluarse y comprobar su estado frente a la asignatura.

## Planificación y calendario

### Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

Las fechas concretas de cada una de las sesiones correspondientes a las actividades programadas se hacen públicas en la plataforma Moodle, de modo que los alumnos pueden consultarlas identificándose con su usuario y contraseña en la dirección <http://moodle.unizar.es>

También se puede encontrar la información de calendarios y horarios en la página web del Centro Universitario de la Defensa: <http://cud.unizar.es>

## Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

### Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia

- Apostol, Tom M.. Calculus. Vol.1, Cálculo con funciones de una variable, con una introducción al álgebra lineal / Tom M. Apostol. - 2<sup>a</sup> ed. reimp. Barcelona [etc.] : Reverté, cop. 2002
- Apostol, Tom M.. Calculus. Vol.2, Cálculo con funciones de varias variables y álgebra lineal, con aplicaciones a las ecuaciones diferenciales y a las probabilidades / Tom M. Apostol. - 2<sup>a</sup> ed., 7<sup>a</sup> reimp. Barcelona, [etc.] : Reverté, D.L. 2002
- Burgos Román, Juan de. Cálculo infinitesimal de una variable / Juan de Burgos Román Madrid[etc.] : McGraw-Hill, D.L.1997
- Burgos Román, Juan de. Cálculo infinitesimal de varias variables / Juan de Burgos Román . - 2<sup>a</sup> ed. Madrid [etc.] : McGraw-Hill/Interamericana, cop. 2008
- Galindo Soto, Félix. Guía práctica de cálculo infinitesimal en una variable real / Félix Galindo Soto, Javier Sanz Gil, Luis A. Tristán Vega . - 1<sup>a</sup> ed. Madrid [etc.] : Thomson, D. L. 2003
- Kress, Rainer. Numerical analysis / Rainer Kress New York : Springer, cop. 1998
- Larson, Ron. Cálculo 1 : De una variable / Ron Larson, Bruce H. Edwards ; revisión técnica, Marlene Aguilar Abalo ... [et al.] ; [traducción: Joel Ibarra Escutia ... (et al.)]. - 9<sup>a</sup> ed. México [etc.] : McGraw Hill, cop. 2010
- Larson, Ron. Cálculo 2 : De varias variables / Ron Larson, Bruce H. Edwards ; revisión técnica, Marlene Aguilar Abalo ... [et al.] ; [traducción: Joel Ibarra Escutia ... (et al.)]. - 9<sup>a</sup> ed. México [etc.] : McGraw Hill, cop. 2010
- Marsden, Jerrold E.. Cálculo vectorial / Jerrold E. Marsden, Anthony J. Tromba ; Versión en español Javier Páez Cárdenas ; Colaboración técnica Purificación González Sancho . - 4a. ed México [etc.] : Addison-Wesley Longman, 1998

### Centro Universitario de la Defensa

- Axler, Sheldon. Linear Algebra Done Right. New York, Springer, 2004
- Martín Morales, Jorge. Álgebra lineal y aplicaciones / Jorge Martín Morales, M<sup>a</sup> Victoria Sebastián Guerrero, Raquel Villacampa Gutiérrez . - 2<sup>a</sup> ed. rev. Zaragoza : Centro Universitario de la Defensa, 2013
- Martín, Miguel Ángel. Matemáticas Bioenriquecidas. Madrid: el autor, 2013
- Otal Germán, Antonio. Álgebra lineal con wxMaxima / Antonio Otal Germán, M<sup>a</sup> Victoria Sebastián Guerrero, Raquel

Villacampa Gutiérrez . - 1<sup>a</sup> ed. Zaragoza : Centro Universitario de la Defensa, 2013

- Poole, David. Algebra lineal : una introducción moderna / David Poole ; revisión técnica, Gerardo P. Aguilar Sánchez . - 2<sup>a</sup> ed. México D.F. : Cengage Learning, cop. 2007
- Sterling, Mary Jane . Linear Algebra for Dummies. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc. 2009