



GRADO EN MATEMÁTICAS

**GUÍA PARA EL ESTUDIANTADO DE 4º CURSO
(GRUPO 01- CASTELLANO)**

CURSO ACADÉMICO 2026-27

Tabla de contenido

1.- Información del Grado en Matemáticas.....	3
Presentación.....	3
Competencias de la titulación.....	3
Estructura de los estudios de grado.....	3
Las asignaturas del cuarto curso en el contexto del grado.....	4
Tipos de actividades a realizar.....	4
Trabajo Fin de Grado (TFG).....	5
Movilidad.....	5
Prácticas académicas externas	5
Tutorías académicas.....	5
Plan de Acción Tutorial (PAT)	6
Biblioteca del Departamento de Matemáticas.....	6
Coordinación.....	6
Otra información de interés.....	6
2.- Información específica del curso	7
Asignación de estudiantes a grupos docentes	7
Calendario, horario y exámenes.....	7
Profesorado	7
Actividades específicas para estudiantes del cuarto curso	7
3.- Guías docentes de las asignaturas del curso.....	8

1.- Información del Grado en Matemáticas

Presentación

Con las enseñanzas de Grado en Matemáticas se pretende conseguir una formación general en matemáticas como disciplina científica, orientada a la preparación para el ejercicio de actividades de carácter profesional y con capacidad para aplicar las destrezas adquiridas en distintos ámbitos, ya sean científicos (en su doble vertiente docente e investigadora) como sus aplicaciones en los niveles superiores de la industria, la empresa y la administración.

Por tanto, el Título de Graduado o Graduada en Matemáticas se dirige a capacitar para la formulación matemática, análisis, resolución y, en su caso, tratamiento informático de problemas en diversos campos de las ciencias básicas, ciencias sociales y de la vida, ingeniería, finanzas, consultoría, etc.

Competencias de la titulación

La formación de Graduado o Graduada en Matemáticas capacita para:

- T1. Conocer la finalidad, métodos y utilidad de las distintas áreas de las matemáticas y saber cuáles son sus conceptos básicos y resultados fundamentales.
- T2. Conocer demostraciones rigurosas de algunos teoremas clásicos en distintas áreas de las matemáticas.
- T3. Saber abstraer las propiedades estructurales (de objetos matemáticos, de la realidad observada, y de otros ámbitos) distinguiéndolas de aquellas puramente ocasionales y saber utilizar el razonamiento matemático en dicho contexto abstracto.
- T4. Resolver problemas de matemáticas, mediante habilidades de cálculo básico y otras, planificando su resolución en función de las herramientas de que se disponga y de las restricciones de tiempo y recursos.
- T5. Aplicar tanto los conocimientos como la capacidad de análisis y de abstracción adquiridos en la definición y planteamiento de problemas y en la búsqueda de sus soluciones tanto en contextos académicos como profesionales.
- T6. Recabar e interpretar datos, información o resultados relevantes en problemas científicos, tecnológicos o de otros ámbitos que requieran el uso de herramientas matemáticas.
- T7. Saber utilizar aplicaciones informáticas y desarrollar programas para experimentar y resolver problemas matemáticos en el entorno computacional adecuado para cada caso.
- T8. Comprender y utilizar el lenguaje matemático. Comunicar, tanto por escrito como de forma oral, conocimientos, procedimientos, resultados e ideas matemáticas.
- T9. Desarrollar aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.
- T10. Utilizar herramientas de búsqueda de recursos bibliográficos en matemáticas.

Estructura de los estudios de grado

ECTS o crédito europeo mide el volumen o carga total del trabajo de aprendizaje de cada estudiante para alcanzar los objetivos previstos en el Plan de Estudios. Cada ECTS corresponde a una carga de trabajo del estudiantado de 25 horas, de las cuales 10 son presenciales (sea mediante clase magistral, práctica de aula, práctica de ordenador o seminario) y el resto corresponde a trabajo personal a completar por el estudiantado para realizar las tareas y actividades programadas en cada asignatura. El Grado en Matemáticas consta de 8 cuatrimestres de 30 ECTS cada uno. Por tanto, el estudiantado debe completar los 240 ECTS de los cuatro cursos del grado para finalizar sus estudios.

El Grado en Matemáticas está organizado sobre asignaturas anuales o cuatrimestrales. La distribución temporal de las mismas se resume en la Tabla 1:

Tabla 1: Estructura del Grado en Matemáticas

	Primer cuatrimestre	Segundo cuatrimestre
1º (60 ECTS de materias básicas)	Álgebra Lineal y Geometría I (12 ECTS)	
	Cálculo Diferencial e Integral I (12 ECTS)	
	Física General (12 ECTS)	
	Introducción a la Computación (6 ECTS)	Estadística Descriptiva (6 ECTS)
	Matemáticas Básicas (6 ECTS)	Fundamentos de Programación (6 ECTS)
2º (60 ECTS de materias obligatorias)	Cálculo Diferencial e Integral II (15 ECTS)	
	Álgebra Lineal y Geometría II (6 ECTS)	Cálculo de Probabilidades (6 ECTS)
	Matemática Discreta (6 ECTS)	Curvas y Superficies (9 ECTS)
	Métodos Numéricos I (6 ECTS)	Estructuras Algebraicas (6 ECTS)
	Topología (6 ECTS)	
3º (60 ECTS de materias obligatorias)	Ecuaciones Diferenciales (12 ECTS)	
	Álgebra Conmutativa (6 ECTS)	Ecuaciones Algebraicas (6 ECTS)
	Análisis Complejo (6 ECTS)	Geometría Global de Curvas y Superficies (6 ECTS)
	Inferencia Estadística (6 ECTS)	Métodos Numéricos II (6 ECTS)
	Medida e Integración (6 ECTS)	Modelización Matemática (6 ECTS)
4º	8 asignaturas optativas (6 ECTS) y un Trabajo Fin de Grado (12 ECTS). Se pueden obtener dos especialidades: "Matemática Pura" y "Matemática Aplicada, Estadística y Computación"	

Para conseguir una mención o especialidad deben cursarse 5 asignaturas optativas de esa mención. Más información en: <https://www.ehu.eus/es/web/zientzia-teknologia-fakultatea/grado-matematicas>

Las asignaturas del cuarto curso en el contexto del grado

Al igual que en el segundo y tercer curso, todas las asignaturas, salvo Idatzizko Komunikazio Zientifiko-Teknikoa Euskaraz y Ahozko Komunikazio Zientifiko-Teknikoa Euskaraz, son específicas para el Grado en Matemáticas. Algunas de ellas constituyen una continuación natural de las desarrolladas en cursos anteriores y el resto permiten seguir profundizando en el estudio de las diferentes ramas de las matemáticas: Álgebra, Análisis Matemático, Estadística e Investigación Operativa, Geometría y Topología, Matemática Aplicada y Probabilidad. A diferencia de otros cursos, las asignaturas del cuarto curso del grado son todas optativas.

Además de cursar las asignaturas optativas, en el cuarto curso del grado cada estudiante debe realizar un Trabajo Fin de Grado en el que trabajará autónomamente, bajo la supervisión y la guía de uno o más directores o directoras, en el estudio de algún problema teórico o práctico con relevante contenido matemático. Una vez elaborado el Trabajo Fin de Grado, cada estudiante deberá defender el mismo ante un tribunal.

La oferta de asignaturas optativas para el curso académico 2026-27 es la siguiente:

Primer Cuatrimestre	Segundo Cuatrimestre
Ampliación de Métodos Numéricos (MAEC)	Ahozko Komunikazio Zientifiko-Teknikoa Euskaraz
Análisis Multivariante (MAEC)	Algebraic Geometry (MP)
Códigos y Criptografía (MP) (MAEC)	Ampliación de Topología (MP)
Ecuaciones en Derivadas Parciales (MP) (MAEC)	Diseño de Algoritmos (MAEC)
Functional Analysis (MP)	Numerical Solutions for Differential Equations (MAEC)
Grupos y Representaciones (MP)	Probabilidad y Procesos Estocásticos (MAEC)
Idatzizko Komunikazio Zientifiko-Teknikoa Euskaraz	Teoría de Números (MP)
Programación Matemática (MAEC)	Variedades Diferenciables (MP)

(MAEC): Asignatura de la Mención Matemática Aplicada, Estadística y Computación

(MP): Asignatura de la Mención Matemática Pura

Tipos de actividades a realizar

El proceso de aprendizaje en el aula se desarrolla en diferentes modalidades docentes: clases magistrales, prácticas de aula, prácticas de ordenador y seminarios, según el grado de participación activa del estudiantado.

A lo largo del curso en todas las asignaturas están programadas diferentes actividades que el estudiantado debe realizar como parte de su aprendizaje. Estas actividades vienen recogidas de forma genérica en las guías de cada asignatura y serán concretadas por los equipos docentes en el desarrollo de cada asignatura.

Trabajo Fin de Grado (TFG)

El Trabajo Fin de Grado (TFG) supone la realización por parte de cada estudiante y de forma individual de un proyecto, memoria o estudio original bajo la supervisión de uno o más directores o directoras, en el que se integren y desarrollen los contenidos formativos recibidos, capacidades, competencias y habilidades adquiridas durante el periodo de docencia del grado.

En la Normativa sobre la elaboración y defensa del TFG de la ZTF-FCT se detallan datos, entre otros, sobre inscripción, matriculación y convocatorias. Cabe recordar las siguientes fechas para el curso 2026-27:

Preinscripción 08-10 de julio de 2026 (ambos inclusive): preinscripción mediante formulario online:

https://www.ehu.eus/es/web/zientzia-teknologia-fakultatea/tfg_aurreinskripzioa

Inscripción: para poder inscribir el TFG, el máximo número de créditos pendientes para finalizar el grado es de 72 (60 créditos de cuarto curso más 12 pendientes de segundo o tercer curso). Dos vías:

- **1-4 de septiembre de 2026** (ambos inclusive): el profesorado inscribe los **trabajos acordados** con el estudiantado, a la vez que registra la **oferta de trabajos no acordados** para su posterior selección por el alumnado.
- **16-18 de septiembre de 2026** (ambos inclusive): selección en GAUR de temas por el estudiantado que **no** haya **acordado** previamente un trabajo. Se podrán elegir del listado ofertado por orden de preferencia.

Adjudicación 21-25 de septiembre de 2026 (ambos inclusive): todos los temas de TFG son definitivamente adjudicados, tras lo cual, a cada estudiante le llega un correo electrónico.

Matriculación, entrega de la memoria y defensa: la matrícula dará derecho a dos convocatorias oficiales de defensa en cada curso académico. Para la matriculación, se deben tener superados todos los créditos del grado a excepción de los del TFG. Las fechas de matriculación y defensa para el curso 2026-27 serán:

Convocatoria	Matrícula y Entrega memoria	Defensa
Febrero	10-12 de febrero de 2027	2-4 de marzo de 2027
Junio	16-18 de junio de 2027	6-8 de julio de 2027
Agosto	20-22 de julio de 2027	7-9 de septiembre de 2027

Más información sobre el TFG: <https://www.ehu.eus/es/web/zientzia-teknologia-fakultatea/trabajos-fin-grado>

Normativa específica del Grado en Matemáticas:

https://www.ehu.eus/documents/19559/1482414/MAT_TFG_es.pdf/22df5dd9-e9f1-4973-0085-e831d70042fa?t=1653386379614

Movilidad

Es posible cursar un cuatrimestre o un curso académico en otra universidad en el marco de uno de los programas de intercambio en los que participa la Facultad. Los requisitos a cumplir y otra información de interés pueden consultarse en <https://www.ehu.eus/es/web/zientzia-teknologia-fakultatea/programas-intercambio-alumnado>

Prácticas académicas externas

La realización de prácticas en entidades externas facilita la incorporación del estudiantado al mundo laboral, proporcionando, además de conocimientos y competencias de contenido práctico, experiencia profesional. En el Grado en Matemáticas es posible realizar prácticas académicas externas extracurriculares, es decir, de carácter voluntario. Para poder realizarlas, se deberán haber superado 120 ECTS. Más información en: <https://www.ehu.eus/es/web/zientzia-teknologia-fakultatea/insercion-laboral>

Tutorías académicas

La tutoría académica es un proceso que consiste básicamente en brindar asesoría y orientación académica al estudiantado a través de un/a profesor/a. Esta asesoría está encaminada a apoyar al estudiantado en las materias que está cursando. Al comienzo de cada cuatrimestre cada docente dará a conocer su horario de tutorías.

Plan de Acción Tutorial (PAT)

El Plan de Acción Tutorial (PAT) ofrece al estudiantado la oportunidad de disponer de un/a profesor/a tutor/a que favorecerá su integración en la vida universitaria y le orientará durante toda su trayectoria académica.

El profesor/a tutor/a pretende:

- Apoyar y orientar al estudiantado en su proceso de formación integral, en su aspecto tanto académico como personal y profesional.
- Favorecer la integración del estudiantado en la actividad académica de la Facultad.
- Informar al estudiantado sobre los servicios y actividades que tiene a su disposición en el ámbito universitario.
- Identificar las dificultades que pueden aparecer durante el desarrollo de los estudios y facilitar el desarrollo de habilidades y estrategias de aprendizaje.
- Asesorar en la toma de decisiones, especialmente en la elección del itinerario curricular.
- Transmitir información que pueda resultar de interés para el desarrollo académico y profesional del estudiantado.

La asignación de tutor/a a cada estudiante del Grado en Matemáticas se realiza al inicio del primer curso. Esa asignación permanecerá vigente hasta la obtención del grado.

Biblioteca del Departamento de Matemáticas

El Departamento de Matemáticas dispone de una colección de libros de divulgación matemática y de problemas de lógica a disposición de cualquier persona interesada. En el enlace

<https://www.ehu.es/es/web/departamento-matematicas/biblioteca>

se puede encontrar la relación de libros disponibles y la forma de solicitar el préstamo de los mismos.

Coordinación

La coordinación del grado recae en la Comisión de Estudios de Grado (CEG). Esta realiza funciones de apoyo al desarrollo curricular, seguimiento, revisión y mejora del grado. A la hora de redactar esta guía, la CEG del Grado en Matemáticas está formada por:

Tipo	Coordinador/a	Datos de contacto
Grado PAT	Ana María Valle Martín Departamento de Matemáticas	anamaria.valle@ehu.eus 946015467 E.P0.19
1 ^{er} curso	Osane Oruetxebarria Fdez. de la Peña Departamento de Matemáticas	osane.oruetxebarria@ehu.eus 946015476 E.P1.11
2 ^o curso	Leticia Hernando Rodríguez Departamento de Matemáticas	leticia.hernando@ehu.eus 946015459 E.P1.17
3 ^{er} curso	Javier Canto Llorente Departamento de Matemáticas	javier.canto@ehu.eus 946015474 E.S1.18
4 ^o curso TFG	Miren Agurtzane Amparan Larrabaster Departamento de Matemáticas	agurtzane.amparan@ehu.eus 946015466 E.S1.4

Se puede consultar información actualizada de la CEG del Grado en Matemáticas en el siguiente enlace:

<https://www.ehu.es/es/web/zientzia-teknologia-fakultatea/comisiones-grado#ComisionesdeEstudios8>

Además, para cada asignatura del grado se ha nombrado un coordinador/a de asignatura que se encarga de coordinar el equipo docente que la imparte. La relación de coordinadores/as de asignaturas del Grado en Matemáticas puede consultarse en el siguiente enlace:

<https://www.ehu.es/es/web/zientzia-teknologia-fakultatea/coordinacion-asignaturas-mat>

Otra información de interés

En las asignaturas del grado, el equipo docente utiliza un aula virtual de apoyo a la docencia presencial. Estas aulas están en eGela (<https://egela.ehu.eus>). Para acceder a eGela hay que introducir el Nombre de usuario y Contraseña LDAP, que se asigna a cada estudiante al realizar la matrícula como estudiantado de nuevo ingreso. También se

utiliza el Nombre de usuario y Contraseña LDAP para acceder a GAUR, herramienta informática para la realización de trámites administrativos y la consulta de datos relativos a la vida académica del estudiantado.

Cada estudiante matriculado en el Grado en Matemáticas dispone de una cuenta de correo electrónico corporativa, cuya dirección y contraseña le fueron entregadas al realizar la matrícula como estudiantado de nuevo ingreso. A esta cuenta de correo se remiten todos los mensajes del profesorado, de eGela, del equipo decanal u otros estamentos universitarios. Es posible redirigir los mensajes que llegan a esta cuenta al correo personal. Más información en: https://www.ehu.eus/es/web/zientzia-teknologia-fakultatea/bbc_alumnado
También dispone de un servicio de albergue de disco (<https://www.ehu.eus/es/group/ikt-tic/bildu>).

Ante cualquier duda o problema en la utilización del correo corporativo o en general de los servicios informáticos de la UPV/EHU, se recomienda contactar con el CAU (Centro de Atención a Usuarios) vía web <http://lagun.ehu.eus>, utilizando el Nombre de usuario y Contraseña LDAP. Para más información sobre el CAU visitar: <http://www.ehu.eus/cau>

El Servicio de Asesoramiento del Estudiantado de la Facultad de Ciencia y Tecnología (SAECYT) asesora al estudiantado y realiza los trámites necesarios para poder realizar prácticas en empresa o participar en un programa de intercambio. Se encuentra ubicado en la Secretaría de la Facultad. Más información sobre el SAECYT en <http://www.ehu.es/es/web/zientzia-teknologia-fakultatea/atencion-estudiantes>

Más Información sobre el Grado en Matemáticas:

<https://www.ehu.eus/es/web/zientzia-teknologia-fakultatea/grado-matematicas>

Página web de la Facultad:

<https://www.ehu.eus/es/web/zientzia-teknologia-fakultatea>

2.- Información específica del curso

Asignación de estudiantes a grupos docentes

Durante las primeras semanas de cada cuatrimestre se informará de la asignación de cada estudiante a los grupos docentes en las diferentes modalidades docentes para las que haya más de un grupo programado.

Calendario, horario y exámenes

El calendario lectivo del centro puede consultarse en la página web:

<https://www.ehu.eus/es/web/zientzia-teknologia-fakultatea/calendario>

El horario, con la correspondiente información sobre las aulas donde se impartirá cada actividad, así como el calendario oficial de exámenes, se publica y actualiza en la web de la Facultad. Pueden consultarse en:

<https://www.ehu.eus/es/web/zientzia-teknologia-fakultatea/egutegia-ordutegiak>

Además, en el enlace anterior también pueden consultarse los tribunales de 5ª y 6ª convocatoria nombrados para las asignaturas del grado.

Profesorado

La información sobre el profesorado (datos de contacto, horas de tutoría) que imparte las asignaturas de este curso puede consultarse en la web institucional del grado:

<https://www.ehu.eus/es/web/graduak/grado-matematicas/profesorado>

Para acceder a la información de un profesor/a en el enlace anterior, basta con pinchar en su nombre.

Actividades específicas para estudiantes del cuarto curso

El estudiantado del cuarto curso del grado podrá realizar un curso sobre Defensa eficaz del Trabajo Fin de Grado.

3.- Guías docentes de las asignaturas del curso

La guía de cada asignatura figura en el idioma de impartición de la misma. Están ordenadas alfabéticamente. Para las asignaturas que se imparten en inglés, se recomienda un nivel B2 o superior en inglés para el adecuado aprovechamiento de la asignatura.

Ikastegia 310 - Zientzia eta Teknologia Fakultatea

Zikl. Zehaztu gabea

Plana GMATEM31 - Matematikako Gradua

Ikastaroa 4. maila

IRAKASGAIA

28279 - Ahozko komunikazio zientifiko-teknikoa euskaraz

ECTS kredituak: 6

IRAKASGAIAREN AZALPENA ETA TESTUINGURUA ZEHAZTEA

IRAKASGAI HAU EUSKARAZ BAINO EZ DA ESKAINTZEN.

Irakasgai hau hautazkoa da Matematika Graduko 4. mailako ikasleentzat. Komunikazio zientifiko-teknikoa landuko da: dokumentazioa, berrikuspen bibliografikoak eta testu-genero ohikoenak. Horretarako, espezializazio maila desberdinetako idatzizko eta ahozko testuak landuko dira: ikerketa-artikuluak, dibulgazioak, poster zientifikoak, ahozko aurkezpenak, dibulgazio-hitzaldiak e.a. Berariaz sakonduko da ahozko komunikazioan. Matematikaren alorreko terminologia eta adierazpideak ere landuko dira aipatutako testu-generoekin lotuta.

Lotura zuzena du gradu berean hautazko irakasgai den Idatzizko komunikazio zientifiko-teknikoa euskaraz (IKZTE) irakasgaiarekin (4. mailan egin daitekeena hau ere, lehenengo lauhilekoan). Nolanahi ere, IKZTE irakasgai gehiago sakonduko da idatzizko testu-generoetan, eta Ahozko komunikazio zientifiko-teknikoa euskaraz (AKZTE) irakasgai honetan, ahozko eta idatzizko testuak landuko badira ere, lan-ildo nagusia ahozko komunikazioaren bereizgarriak izango dira.

Irakasgaiok lotura zuzena dute baita Matematika Graduko zenbait gaitasun zehatzekin ere:

- T8. Hizkuntza matematikoa ulertu eta erabiltzea, eta ezagutza, prozedura, emaitza eta ideia matematikoen idatziz zein ahoz komunikatzea.
- T9. Ondorengo ikasketak autonomia-maila handiarekin egiteko beharrezkoak diren ikaskuntza-trebetasunak garatzea.
- T10. Matematikan baliabide bibliografikoak bilatzeko tresnak erabiltzea.

Horretaz gain, gradu amaierako lana prestatzen ari diren ikasleei oso baliagarri izango zaie irakasgai hau, txosten zientifikoak idazteko eta ahozko aurkezpen akademikoetarako beharrezkoak diren baliabideak eta trebetasunak landuko baitira.

GAITASUNAK / IRAKASGAIA IKASTEAREN EMAITZAK

1. Goi-mailako tituludunek euskararen erabilera eta garapenean duten eraginaren kontzientzia hartzea, eta norberaren komunikazio-rola berraztertzea testuinguru horretan.
2. Informazio zientifikoa bilatzea, ulertzea, sintetizatzea eta kritikoki aztertzea.
3. Ikerkuntzarekin, aholkularitza teknikoarekin eta irakaskuntzarekin lotutako arazoei aurre egiteko bideak adostea, aurkeztea eta argudiatzea, elkarlana baliatuta.
4. Kontsulta-tresnak erabiltzen jakitea (bereziki Interneten eskuragarri daudenak), askotariko komunikazio-egoeretan sor daitezkeen premiei egokiro erantzuteko mailan.
5. Zientzia arloko gaiak komunikatzea, komunikazio-testuinguruaren eskakizunak aintzat hartuta: dibulgazio-hitzaldiak, klase magistralak, kongresuetarako komunikazioak, hitzaldietarako euskarri idatzia, poster zientifikoa...
6. Norberaren intuizio eta esperientzia linguistikoak sistematizatu, azaldu eta berrikustea.

EDUKI TEORIKO-PRAKTIKOAK**EGITARAU TEORIKOA**

1. GAIA: Hizkuntzen kudeaketa ingurune akademiko eta profesional eleaniztunean
 - 1.1. Hizkuntza-eskubideak eta hizkuntza gutxituak
 - 1.2. Hizkuntza gutxituak eta hizkuntza-plangintza
 - 1.3. Euskararen normalizazio-plangintza
 - 1.4. Hizkuntza-ukipena, mailegutza, kalkoak eta hizkuntza-mendekotasuna
 - 1.5. Termino-sorkuntzarako bideoak eta hizkuntza-ukipena
 - 1.6. Hizkuntzen kudeaketarako praktika onak testuinguru akademiko eta profesional eleaniztunean
2. GAIA: Hizkuntza-aldaerak eta hiztunen erreperitorio linguistikoa
 - 2.1. Hizkuntza-aldaerak: aldaera geografikoak vs aldaera funtzionalak
 - 2.2. Idatzizko eta ahozko testuen alderaketa
 - 2.3. Ortografia eta ortotipografia
 - 2.4. Puntuazioa eta prosodia
 - 2.5. Aldakortasuna ahozko erregistroetan
 - 2.6. Hiztunen erreperitorio linguistikoa eta komunikazio formala
 - 2.7. Euskara Batuaren Ahoskera zaindua

3. GAIA: Ahozkorako diskurtso-estrategiak

3.1. Ahozko komunikazio akademikoa

3.2. Hiztegi eta fraseologia akademikoa: terminoak, kolokazioak eta diskurtso-formulak

3.3. Pertsuasioa komunikazio akademiko eta profesional multimodalean

3.4. Baliabide erretorikoak: galdera erretorikoak, errepikapena, adibidegintza, birformulazioa

3.5. Baliabide fonikoak: etenak, intonazioa

3.6 Baliabide ez-berbalak

4. GAIA: Euskararen lantze funtzionala alor akademikoan

4.1. Hizkuntza gutxituen biziberritzea: terminologia eta fraseologia espezializatua

4.2. Euskararen erregistro akademikoen garapena

4.3. Aldakortasuna hizkuntza garatuetan eta normalizazio bidean dauden hizkuntzetan

4.4. Hizkuntza-baliabide espezializatuen ezarpena adituen diskurtsoetan

EGITARAU PRAKTIKOA

Ordenagailu-gelako praktiketan lau proiektu eramango dira aurrera.

A. proiektua: Euskararen normalizazioari buruzko eztabaida eta iritzi-artikulua.

B. proiektua: Ahoskera zaindua identifikatzea, eta ahoz gorako irakurketan erabiltzea.

C. proiektua: Helburu didaktikoetarako ahozko komunikazioa: klase magistrala eta bideo tutoriala.

D. proiektua. Komunikazio akademiko espezializatua: GrALaren laburpena, defentsa eta dibulgazio-hitzaldia.

METODOLOGIA

Eskola eta jarduera gehienak praktikoak izango dira, eta, ahal dela, informatika-gelan egingo dira. Horretarako, eGela erabiliko da.

- Banakako lanak

- Talde-lanak

- Ordenagailu-praktikak

- Eskola teorikoak (arriketetan jorraturiko arazo eta egiturak azaltzeko)

- Ahozko aurkezpenak

IRAKASKUNTZA MOTAK

Eskola mota	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Ikasgelako eskola-orduak	15		15		30				
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a	22,5		22,5		45				

Legenda: M: Magistrala

S: Mintegia

GA: Gelako p.

GL: Laborategiko p.

GO: Ordenagailuko p.

GCL: P. klinikoak

TA: Tailerra

TI: Tailer Ind.

GCA: Landa p.

EBALUAZIO-SISTEMAK

- Ebaluazio jarraituaren sistema

- Azken ebaluazioaren sistema

KALIFIKAZIOKO TRESNAK ETA EHUNEKOAK

- Ikus ohiko deialdirako eta ezohiko deialdirako orientazioak. % 100

OHIKO DEIALDIA: ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA

Irakasgaiaren ebaluazioa jarraitua izango da. Ebaluazio jarraituak eskatzen du saio guztietara bertaratzea eta zeregin guztiak garaiz entregatzea. Ebaluazio jarraitua egiten hasi eta alde batera uztea erabakitzen duten ikasleek edo hasieratik bukaerako azterketaren bidez bakarrik ebaluatuak izatea aukeratzen duten ikasleek bukaerako azterketa egiteko eskubidea dute (puntuazioaren % 100). Eskubide hori gauzatu ahal izateko, ikasleak ebaluazio jarraituari uko egiten diola jasotzen duen idatzi bat helarazi behar dio irakasgaiaren ardura duen irakasleari, lauhilekoaren hasierako 9 astean barruan (16-24 asteetan).

Halako idatzirik bidali ezean, ebaluazio jarraiturako aurkeztutako zereginak kalifikatuko dira.

UPV/EHUko Ebaluaziorako Arautegiko 12.2 artikulua araberak, azken probaren pisua irakasgaiko kalifikazioaren % 40 edo txikiagoa bada, deialdiari uko egin nahi dioten ikasleek kasuan kasuko irakasgaiaren irakaskuntza aldia bukatu baino gutxienez hilabete lehenago eskaria egin beharko dute deialdiari uko egiteko. Eskari hori, idatziz, irakasgaiaren ardura duen irakasleari aurkeztu beharko zaio. Hori horrela, deialdiari uko egiten dioten ikasleek «AURKEZTEKE» kalifikazioa jasoko dute aktan; deialdiari uko egiten ez dioten ikasleek, azken proba aurkezten ez badira, aktan «GUTXIEGI» kalifikazioa izango dute (zenbakizko kalifikazioa: 0).

Ebaluazio jarraiturako tresnak hauek izango dira:

PORTFOLIOA % 30
AHOZKO AURKEZPENAK % 50
GALDETEGIAK % 20

EBALUAZIO EZ-JARRAITUA:

Ebaluazio ez-jarraiturako orientazioak ezohiko deialdirako zehaztutako berberak dira.

EZOHIKO DEIALDIA: ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA

Ezohiko deialdian, baita ebaluazio ez-jarraituan ere, irakasgai osoa edo gehiena azterketa bidez ebaluatuko da. Azterketa ordenagailu-gelan egingo da, hizkuntza-tresna elektronikoekin lotutako gaitasunak ebaluatu ahal izateko. Ahozkoa ere ebaluatuko da. Horretarako, azterketa egunean, idatzia bukatu ondoren, 10 minutuko ahozko aurkezpene egingo dute azterketara aurkezten diren ikasleek ordenagailu-gelan bertan. Aurkezpene egiteko diapositibak prest ekarri beharko dituzte azterketa egiten duten ikasleek.

Bukaerako proban erabiliko diren tresnak hauek izango dira:

TEST MOTAKO PROBA % 20
ARIKETA PRAKTIKOAK % 15
IDAZLANA % 15
AHOZKO AURKEZPENA % 50

NAHITAEZ ERABILI BEHARREKO MATERIALAK

Irakasleak eGelan jarritako materialak.

BIBLIOGRAFÍA

Oinarritzko bibliografia

EZEIZA, J.; ALDEZABAL, I., ELORDUI, A., ZABALA, I., UGARTEBURU, I., ELOSEGI, K. (2010) PREST: Unibertsitateko komunikazio-gaitasunen eskuliburua. EHuko Euskara Errektoreordetzaren sareko argitalpena:
<http://testubiltegia.ehu.es/Prest-komunikazio-gidaliburua>
ETXEBARRIA, J.R. (2011) Zientzia eta teknikako euskara arautzeko gomendioak. EIMAre estilo-liburua ETXEBARRIA, J.R. (2014) Komunikazioa euskaraz ingeniartzan. Bilbo. EHU eta UEU
EUSKALTZAINDIA (2018) Euskara Batuaren Eskuliburua (EBE).
EUSKALTZAINDIA "Euskara Batuaren Ahoskera Zaindua" (Euskaltzaindiaren 87 araua)
EUSKALTZAINDIA "Adierazpene euskalkien erabileraz: irakaskuntzan, komunikabideetan eta administrazioan" (Euskaltzaindiaren 137 araua)
Euskaltzaindiaren Ahoskera Batzordea "Ahoskerak axola du"

Gehiago sakontzeko bibliografia

ALVARADO CANTERO, L. (2017) "Géneros académicos orales: Estructura y estrategias de la exposición académica" Revista Nebrija de Lingüística Aplicada a la Enseñanza de las Lenguas.
ALCOBA, S. (1999) La oralización. Barcelona: Ariel Practicum.
BONDI, M. eta LORÉS, R. (ed.) (2014) Abstracts in Academic Discourse. Berna: Peter Lang
CASTELLÓ, M. (koord.) (2007) Escribir y comunicarse en contextos científicos y académicos. Conocimientos y estrategias. Crítica y fundamentos. Barcelona: Graó
EUSKALTZAINDIA.1986. Maileguzko hitz berriei buruz Euskaltzaindiaren erabakiak
EUSKALTZAINDIA (1992) Hitz elkartuen osaera eta idazkera
GOTI, M. (ed.) (2012) Academic Identity Traits. Berna: Peter Lang
GUTIÉRREZ RODILLA, B.M. (2003) Aproximaciones al lenguaje de la ciencia. Burgos: Fundación Instituto Castellano y Leonés de la Lengua. Colección Beltenebros.
ITURBE, J. eta TXURRUKA, J.M. (2020) Amets bikoitza. Euskara zientifikotzen eta zientzia euskaratzen. EHuko Argitalpen Zerbitzua.
KAUR, K., AFIDA, M.A. (2018) "Exploring the Genre of Academic Oral Presentations: A Critical Review" International Journal of Applied Linguistics & English Literature. Vol.7, 1
UZEI. 1982. Maileguzko hitzak: ebakera eta idazkera
VALEIRAS, J., RUIZ, M.N., JACOBS, G. (2018) "Revisiting persuasion in oral academic and professional genres: Towards a methodological framework for Multimodal Discourse Analysis of research dissemination talks" Ibérica: Revista de la Asociación Europea de Lenguas para Fines Específicos (AELFE), Nº. 35: 93-118
VÁZQUEZ, G. (2001) El discurso académico oral. Guía didáctica para la comprensión auditiva y visual de clases magistrales. Madrid: ADIEU.
YOUNG, K.S. eta TRAVIS, H. P. (2018) Oral communication: skills, choices, and consequences. Illinois: Waveland press. (4. argitalpena, 1. argitalpena 2012)
ZUAZO, K. (2005) Euskara batua. Ezina ekinez eginga. Elkar.
ZUAZO, K. (2008) Euskalkiak euskararen dialektoak. Elkar.

Aldizkariak

Elhuyar aldizkaria

<http://aldizkaria.elhuyar.eus/>

Ekaia. Euskal Herriko Unibertsitateko Zientzia Aldizkaria <http://www.ehu.eus/ojs/index.php/ekaia>

Interneteko helbide interesgarriak

<http://www.euskaltzaindia.eus/>

<http://www.hiztegia.net/>

<http://hiztegiak.elhuyar.eus/>

http://garaterm.ehu.es/garaterm_ataria/kontsultak/

<http://ehu.eus/ehg/zehazki/>

<http://www.euskara.euskadi.eus>

<http://www.ei.ehu.es>

<http://www.elhuyar.eus/>

<https://www.ehu.eus/eu/web/euskara/ehulku-aurkibidea/>

<http://ehuskaratuak.ehu.eus/kontsulta/>

http://www.euskara-errektoreordetza.ehu.eus/p267-http://garaterm.ehu.es/garaterm_ataria/eu <http://31eskutik.eizie.eus/>

<http://www.erabili.eus/>

<http://gaika.ehu.eus/eu>

<https://zientziakaiera.eus/>

<http://teknopolis.elhuyar.eus/?lang=eu>

<https://ahotsak.eus/>

OHARRAK

Faculty 310 - Faculty of Science and Technology

Cycle .

Degree GMATEM31 - Bachelor's Degree in Mathematics

Year Fourth year

COURSE

26674 - Algebraic Geometry

Credits, ECTS: 6

COURSE DESCRIPTION

In this course we study (geometric) varieties that are described as the zero sets of polynomial equations. We start by understanding the relation between varieties and polynomial rings using techniques in commutative algebra. Additionally, we set background in affine and projective geometry over algebraically closed fields (most of the time, over the field of complex numbers) and then, we study the Zariski topology, irreducible varieties, Bezout theorem for intersection of curves in the projective plane and the additive structure of irreducible cubic curves.

We recommend to have taken the following courses: Algebraic Structures (2nd year), Commutative Algebra (3rd year) and Algebraic Equations (3rd year), which are devoted to developing the fundamentals of abstract algebra and its main applications. Also, we recommend to have at least a B2 level in English to follow the course.

COMPETENCIES/LEARNING RESULTS FOR THE SUBJECT

SPECIFIC COMPETENCES:

M11CM09 - To know the ring of fractions of $\mathbb{Z}$ and of ring of polynomials over a field (unity, prime ideals, maximal ideals, etc). To understand the relation between the ring of fractions and its quotients.

M11CM10 - To be able to apply the structure theorem of Artinian rings to the quotients of polynomial rings with two variables (with coefficients in a field) by ideals generated by two coprime polynomials.

M11CM11 - To be able to apply Hilbert's Nullstellensatz theorem to study the existence of solutions of a system of equations over an algebraically closed field.

M11CM12 - To be able to compute the index of intersection point of two planar curves.

M11CM13 - To be able to apply Bezout's theorem to study the planar curves: inflection points, parametrization of curves, etc. To be able to sum points in an irreducible cubic curve.

LEARNING RESULTS:

- Compute the unities, prime and maximal ideals, etc. of certain fractions of $\mathbb{Z}$ and of polynomial rings with coefficients in a field.

- To be able to apply the zeroes theorem of Hilbert to study the existence of solutions of a system of equations with coefficients in an algebraically closed field.

- To be able to compute the index of intersection point of two planar curves.

- To be able to apply Bezout's theorem to study the planar curves: inflection points, parametrization of curves, etc. To be able to sum points in an irreducible cubic curve.

Further key words in learning results: Noetherian rings, Zariski topology, algebraic varieties, coordinate rings, tangent space, multiple points, singularities.

Theoretical and Practical Contents

1. RINGS OF FRACTIONS: Definition and main properties. Localization of a ring in a prime ideal. Ideals in rings of fractions.

2. NOETHERIAN RINGS: Definition properties and examples.

3. HILBERT NULLSTELLENSATZ: Integral extensions of rings, Zariski theorem. Maximal ideals of a polynomial ring over an algebraically closed field. Hilbert nullstellensatz.

4. PLANE CURVES: Tangents. Multiple points. Intersection index of two curves in a point.

5. APPLICATIONS: Bezout theorem and applications: Pascal and Pappus and the additive group structure of a cubic irreducible curve. Resolution of singularities. Quadratic and cubic surfaces.

TEACHING METHODS

The theoretical contents will be presented in master classes following the basic references in the bibliography. These lectures will be complemented with problem classes (classroom practice), in which students will apply the knowledge acquired in the theoretical lectures in order to solve the problems. In the seminar sessions, exercises and representative examples will be considered. Such exercises will be given to the students in advance so that they will be able to work on them to work out the solutions by themselves. Students must participate actively in the seminar sessions and they will be encouraged to discuss about the solutions.

TYPES OF TEACHING

Types of teaching	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Hours of face-to-face teaching	36	6	18						
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a	54	9	27						

Legend: M: Lecture-based S: Seminar GA: Applied classroom-based groups
GL: Applied laboratory-based groups GO: Applied computer-based groups GCL: Applied clinical-based groups
TA: Workshop TI: Industrial workshop GCA: Applied fieldwork groups

Evaluation methods

- Continuous evaluation
- End-of-course evaluation

Evaluation tools and percentages of final mark

- Written test, open questions 80%
- Exercises, cases or problem sets 10%
- Oral presentation of assigned tasks, Reading, 10%

ORDINARY EXAMINATION PERIOD: GUIDELINES AND OPTING OUT

To pass the subject it will be enough to follow and to carry out correctly the activities in class including seminars and projects. If the student decides to go to the final exam, the final mark will be the maximum between the mark of the final exam and the weighted average under the following formula:

$$\text{Final Mark} = \max\{0,2 \times (\text{Mark of the Partial Exam}) + 0,4 \times (\text{Mark Oral Exposition, Projects and Problems}) + 0,8 \times (\text{Mark of the Final Exam} - 5), \text{Mark of the Final Exam}\}$$

The interest and willingness of the student during the course will also be taken into account.

The exams and assessment activities for this course will be conducted in accordance with the principles of academic integrity, honesty, and ethical conduct established in EHU regulations. Upon enrolling at EHU, students signed the Declaration of Commitment to Ethical Behavior and Academic Integrity pledging not to engage in plagiarism, academic fraud, or use unauthorized materials or devices - including artificial intelligence tools when not expressly permitted - in exams and academic assignments. Failure to comply with these obligations may result in the academic and disciplinary consequences provided for in current university regulations.

EXTRAORDINARY EXAMINATION PERIOD: GUIDELINES AND OPTING OUT

The final mark will be that which is obtained in the written exam corresponding to this call.

The exams and assessment activities for this course will be conducted in accordance with the principles of academic integrity, honesty, and ethical conduct established in EHU regulations. Upon enrolling at EHU, students signed the Declaration of Commitment to Ethical Behavior and Academic Integrity pledging not to engage in plagiarism, academic fraud, or use unauthorized materials or devices - including artificial intelligence tools when not expressly permitted - in exams and academic assignments. Failure to comply with these obligations may result in the academic and disciplinary consequences provided for in current university regulations.

MANDATORY MATERIALS

BIBLIOGRAPHY

Basic bibliography

BIBLIOGRAFIA

- M. ATIYAH, I.G. MACDONALD. Introducción al Álgebra Conmutativa, Ed. Reverté, 1973.
D. COX, J. LITTLE, D. O'SHEA. Using Algebraic Geometry, Springer, 1998.
W. FULTON. Curvas Algebraicas, Reverté, 1971.
F. KIRWAN. Complex Algebraic Curves, Cambridge Univ. Press, 1992.
E. KUNZ. Introduction to Commutative Algebra and Algebraic Geometry, Birkhäuser, 1985.
C. MUSILI. Algebraic Geometry for Beginners, Hindustan Book Agency, 2001.
M. REID. Undergraduate Algebraic Geometry, Cambridge University Press, 1988.

Detailed bibliography

Journals

Web sites of interest

OBSERVATIONS

Centro 310 - Facultad de Ciencia y Tecnología

Ciclo Indiferente

Plan GMATEM31 - Grado en Matemáticas

Curso 4º curso

ASIGNATURA

26677 - Ampliación de Métodos Numéricos

Créditos ECTS : 6**DESCRIPCIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ASIGNATURA**

En esta asignatura se ofrece una presentación sistemática de algunos de los métodos y técnicas más importantes del Análisis Numérico en relación a la resolución de sistemas y el cálculo de valores y vectores propios de matrices. Será requisito imprescindible la realización de prácticas de ordenador con MATLAB.

Se profundiza en los conceptos de estabilidad y condicionamiento vistos en la asignatura de Métodos Numéricos I (2º curso) y su aplicación a los algoritmos básicos para la resolución de los problemas de Álgebra Lineal.

Esta asignatura y Resolución Numérica de Ecuaciones Diferenciales, ambas del 4º curso del Grado en Matemáticas, pertenecen al módulo Ampliación de Métodos Numéricos.

COMPETENCIAS / RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA**COMPETENCIAS**

M10CM01 - Conocer los resultados y demostraciones más importantes de las materias propias de este módulo.

M10CM02 - Conocer algunas de las técnicas avanzadas del cálculo numérico y su traducción en algoritmos o métodos constructivos de solución de problemas.

M10CM03 - Comprender los conceptos matemáticos necesarios para el cálculo numérico de valores propios y la resolución numérica de ecuaciones diferenciales.

M10CM04 - Aplicar los conocimientos sobre cálculo numérico de valores propios y solución de ecuaciones diferenciales a la resolución de problemas tanto teóricos como prácticos.

M10CM05 - Utilizar una herramienta computacional en la que se manejen y apliquen algunos de los métodos estudiados, y que sirva como herramienta de apoyo a programas propios.

M10CM06 - Comunicar ideas y resultados relativos a las materias propias de este módulo de manera oral y escrita.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

- Conocer algunas de las técnicas avanzadas del cálculo numérico y su traducción en algoritmos o métodos constructivos de solución de problemas.

- Comprender los conceptos matemáticos necesarios para el cálculo numérico de valores propios y la resolución numérica de ecuaciones diferenciales.

- Aplicar los conocimientos derivados del estudio de los conceptos arriba indicados a la resolución de problemas tanto teóricos como prácticos.

- Utilizar una herramienta computacional en la que se manejen y apliquen algunos de los métodos estudiados, y que sirva como herramienta de apoyo a programas propios.

- Comunicar ideas y resultados relativos a las materias propias de este módulo de manera oral y escrita.

- Conocer demostraciones rigurosas de algunos resultados importantes en las materias propias de este módulo.

- Adquirir de manera autónoma nuevos conocimientos y técnicas.

CONTENIDOS TEÓRICO-PRÁCTICOS

1. VECTORES Y MATRICES: Vectores, matrices y submatrices. Matrices elementales. Núcleo e imagen de una matriz: rango y nulidad. La factorización LU: algoritmo.

2. NORMAS DE VECTORES Y MATRICES: Normas de vector. Equivalencia de normas. Normas de matriz inducidas.

3. VALORES SINGULARES: Ortogonalidad y matrices unitarias. Valores singulares. Teorema SVD. Pseudoinversa. Aproximaciones de rango menor.

4. PRECISION, CONDICIONAMIENTO Y ESTABILIDAD: Aritmética en punto flotante. Error relativo y dígitos significativos. Condicionamiento. Números de condición. El condicionamiento del problema de resolución de sistemas lineales. Algoritmos estables

5. FACTORIZACION QR Y PROBLEMA DE MINIMOS CUADRADOS: Proyectores ortogonales. Algoritmos de Gram-Schmidt. Reflexiones de Householder. Rotaciones de Givens. Algoritmos. Condicionamiento y estabilidad.

6. VALORES PROPIOS DE MATRICES: Valores y vectores propios. Forma triangular de Schur. Matrices defectuosas. Condicionamiento de valores y vectores propios.

7. ALGORITMOS PARA EL CALCULO DE VALORES PROPIOS. EL PROBLEMA NO SIMETRICO: Método de las potencias. Método de las potencias inversas. Cociente de Rayleigh. Iteración simultánea y algoritmo QR. Análisis de la convergencia. Reducción a forma Hessenberg. Implementación.

8. ALGORITMOS PARA EL CALCULO DE VALORES PROPIOS. EL PROBLEMA SIMETRICO: El algoritmo QR para matrices simétricas. El algoritmo divide y vencerás. Otros algoritmos: bisección y Jacobi. El cálculo de los valores singulares.

9. METODOS ITERATIVOS: Subespacios de Krylov: métodos de Arnoldi y Lanczos. Método del gradiente conjugado. Análisis de la convergencia. Precondicionamiento.

TEMARIO PRACTICO

1. Resolución con MATLAB de problemas computacionales relativos a los temas introductorios de la asignatura (resolución de sistemas, normas, valores singulares, rango, factorización QR y valores propios).
2. Diseño de algoritmos con MATLAB para la resolución de problemas de mínimos cuadrados.
3. Diseño de algoritmos para el cálculo de valores propios y valores singulares.

METODOLOGÍA

El contenido teórico se expondrá en clases magistrales siguiendo referencias básicas que figuran en la bibliografía y el material de uso obligatorio. Estas clases magistrales se complementarán con clases de problemas (prácticas de aula) en las que se discutirán problemas de aplicación de los conocimientos adquiridos en las clases teóricas que habrán sido previamente propuestos a los estudiantes. En los seminarios se desarrollarán cuestiones y ejemplos representativos del contenido de la asignatura y se expondrán por parte de los estudiantes temas relacionados con el contenido de la asignatura y preparados con antelación en grupos reducidos. Además, se realizarán prácticas de ordenador orientadas a la consecución de las competencias de la asignatura.

Parte importante del trabajo del alumno es de carácter personal. Las profesoras orientarán en todo momento ese trabajo y estimularán que se haga con regularidad y dedicación. Se animará igualmente a que utilicen las tutorías personales donde pueden aclarar cualquier duda o dificultad que se les presente en la asignatura.

TIPOS DE DOCENCIA

Tipo de Docencia	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Horas de Docencia Presencial	30	6	9		15				
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a	45	9	13,5		22,5				

Leyenda: M: Magistral

S: Seminario

GA: P. de Aula

GL: P. Laboratorio

GO: P. Ordenador

GCL: P. Clínicas

TA: Taller

TI: Taller Ind.

GCA: P. de Campo

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

- Sistema de evaluación continua
- Sistema de evaluación final

HERRAMIENTAS Y PORCENTAJES DE CALIFICACIÓN

- Ver orientaciones 100%

CONVOCATORIA ORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

Las pruebas y actividades de evaluación de esta asignatura se desarrollarán conforme a los principios de integridad académica, honestidad y comportamiento ético establecidos en la normativa de la EHU. El estudiantado, al incorporarse a la Universidad, suscribió la Declaración de compromiso de comportamiento ético y honradez académica, comprometiéndose a no incurrir en plagio, fraude académico ni utilización de materiales o dispositivos no autorizados (incluidas herramientas de inteligencia artificial cuando no estén expresamente permitidas) en pruebas y trabajos académicos. El incumplimiento de estas obligaciones podrá conllevar las consecuencias académicas y disciplinarias previstas en la normativa universitaria vigente.

La evaluación continua consistirá en la realización de prácticas de ordenador, trabajos individuales o en grupo, prueba parcial, y la exposición de trabajos que se llevará a cabo en los seminarios. Además, el profesorado de la asignatura podrá proponer al alumnado entrevistas, bien individualizadas o con otros compañeros, para la evaluación de trabajos previamente programados. Este sistema de evaluación continua contabilizará el 35% de la nota final. Además, un 15% corresponderá al examen de ordenador y el 50% restante a exámenes escritos.

Aunque las actividades realizadas durante el curso hayan sido evaluadas, el estudiante que no se presenta a la prueba escrita recibirá la calificación de "no presentado" en la convocatoria ordinaria.

Quienes renuncien a la evaluación continua deberán comunicarlo por escrito al profesorado de la asignatura en un plazo de 9 semanas a contar desde el comienzo del cuatrimestre, y deberán realizar un examen escrito final que contabilizará el 75% de la nota final. El 25% restante corresponderá al examen de ordenador.

Para aprobar la asignatura el o la estudiante deberá acreditar haber obtenido una calificación superior a 4 en el examen de ordenador, que contabilizarán el 15% de la nota final, y una calificación superior a 4 en la media ponderada de los exámenes escritos. Además, deberá obtener un 5 como media ponderada de la asignatura.

El o la estudiante puede renunciar a la convocatoria en aplicación de la normativa vigente: artículo 12 del ACUERDO de

15 de diciembre de 2016 del Consejo de Gobierno de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, por el que se aprueba la Normativa reguladora de la Evaluación del alumnado en las titulaciones oficiales de Grado.

CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

Las pruebas y actividades de evaluación de esta asignatura se desarrollarán conforme a los principios de integridad académica, honestidad y comportamiento ético establecidos en la normativa de la EHU. El estudiantado, al incorporarse a la Universidad, suscribió la Declaración de compromiso de comportamiento ético y honradez académica, comprometiéndose a no incurrir en plagio, fraude académico ni utilización de materiales o dispositivos no autorizados (incluidas herramientas de inteligencia artificial cuando no estén expresamente permitidas) en pruebas y trabajos académicos. El incumplimiento de estas obligaciones podrá conllevar las consecuencias académicas y disciplinarias previstas en la normativa universitaria vigente.

Para aprobar la asignatura en la convocatoria extraordinaria, el o la estudiante deberá acreditar haber obtenido una calificación superior a 4 tanto en el examen de ordenador como en la media ponderada de los exámenes escritos. Además, deberá obtener un 5 como media ponderada de la asignatura. Se mantendrán las notas de todas las actividades en donde se haya obtenido una calificación de al menos un 5. Asimismo, el valor porcentual de cada actividad será el mismo que en la convocatoria ordinaria.

MATERIALES DE USO OBLIGATORIO

Apuntes de la asignatura (disponibles en egela)
Guía de MATLAB (disponible en egela)

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía básica

LL. N. TREFETHEN, D. BAU: Numerical Linear Algebra. SIAM. Philadelphia, 1997.
J. W. DEMMEL: Applied Numerical Linear Algebra. SIAM. Philadelphia, 1997.
G. W. STEWART: Matrix Algorithms. Vol I y II. SIAM. Philadelphia, 2001.
D. S. WATKINS: The Matrix Eigenvalue Problem: GR and Krylov Subspace Methods. SIAM. Philadelphia, 2008.
R. A. HORN, C. R. JOHNSON: Matrix Analysis. Cambridge University Press, 1989.
C. B. MOLER: Numerical Computing with MATLAB. SIAM. Philadelphia, 2004.

Bibliografía de profundización

G. H. GOLUB, Ch. F. VAN LOAN: Matrix Computations. SIAM, Philadelphia, 1996.
G. W. STEWART, J. SUN: Matrix Perturbation Theory. Academic Press, 1990.
F. CHATELIN: Eigenvalues of Matrices. John Wiley and Sons. New York, 1995. SIAM, Philadelphia, 2013.

Revistas

SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications
Numerical Linear Algebra
Linear Algebra and its Applications

Direcciones de internet de interés

<https://people.maths.ox.ac.uk/trefethen/>
<https://www.cs.berkeley.edu/~demmel/>
<https://www.mathworks.com/moler/>
<https://ocw.mit.edu/courses/18-335j-introduction-to-numerical-methods-spring-2019/>

OBSERVACIONES

ASIGNATURA

26673 - Ampliación de Topología

Créditos ECTS : 6**DESCRIPCIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ASIGNATURA**

Esta asignatura tiene como objetivo el conocimiento del concepto de invariante topológico a través del estudio de la homotopía, el manejo de la noción general de convergencia para el reconocimiento de propiedades topológicas y el estudio de condiciones para la extensión de funciones continuas.

Tras finalizar el curso, el alumnado debería saber distinguir una gran variedad de espacios no homeomorfos, utilizando tanto técnicas de topología general como de topología algebraica.

Los conocimientos adquiridos, en combinación con otras asignaturas del área de Geometría y Topología como las Variedades diferenciables, constituyen una formación básica de estas materias: el alumnado podrá aplicar estas habilidades en múltiples direcciones interrelacionadas.

COMPETENCIAS / RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA**COMPETENCIAS ESPECÍFICAS**

M12CM05 - Comprender los conceptos de invariante topológico y de deformación topológica a través del estudio de la homotopía

M12CM06 - Conocer la noción de grupo fundamental de un espacio topológico.

M12CM07 - Distinguir espacios topológicos utilizando la homotopía.

M12CM08 - Utilizar espacios recubridores para estudiar propiedades topológicas locales.

M12CM09 - Manejar la noción general de convergencia como herramienta que permita identificar, tratar de obtener resultados en espacios topológicos.

M12CM10 - Adquirir algunas técnicas de construcción de funciones con valores reales, a través de las llamadas escalas.

M12CM11 - Aplicar dichas técnicas a la extensión de funciones (utilizando funciones semicontinuas) y al reconocimiento de propiedades topológicas.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

- Manejar la noción general de convergencia como herramienta que permita identificar, tratar y obtener resultados en espacios topológicos.

- Adquirir algunas técnicas de construcción de funciones con valores reales a través de las llamadas escalas.

- Aplicar dichas técnicas a la extensión de funciones (utilizando funciones semicontinuas) y al reconocimiento de propiedades topológicas.

- Distinguir espacios topológicos utilizando la homotopía.

- Utilizar espacios recubridores para estudiar propiedades topológicas locales.

CONTENIDOS TEÓRICO-PRÁCTICOS

1. HOMOTOPÍA DE APLICACIONES Y GRUPO FUNDAMENTAL: Homotopía de aplicaciones. Homotopía de caminos. El grupo fundamental. El grupo fundamental de la circunferencia. Teorema de Seifert-Van Kampen. Ejemplos y aplicaciones.

2. INTRODUCCIÓN A LOS ESPACIOS RECUBRIDORES: Espacios recubridores. Propiedades de levantamiento. Aplicaciones en el cálculo del grupo fundamental de algunos espacios.

3 AXIOMAS DE SEPARACIÓN. EXTENSIÓN DE APLICACIONES CONTINUAS: Espacios normales. Construcción de funciones reales: escalas. Existencia y extensión de funciones continuas: Lema de Urysohn, Teorema de extensión de Tietze.

4. CONVERGENCIA EN ESPACIOS TOPOLÓGICOS: Redes y filtros. Convergencia. Relación entre filtros y redes. Caracterización de algunos conceptos topológicos. Convergencia en productos.

METODOLOGÍA

El contenido teórico se expondrá en clases magistrales siguiendo referencias básicas que figuran en la bibliografía y el material de uso obligatorio. Estas clases magistrales se complementarán con clases de problemas (prácticas de aula) en los que se propondrá al alumnado resolver cuestiones en las que se aplicarán los conocimientos adquiridos en las clases teóricas. En los seminarios, se desarrollarán cuestiones y ejemplos representativos del contenido de la asignatura, que generalmente habrán sido facilitados con anterioridad al alumnado para trabajarlos y motivar la posterior reflexión y discusión en la sesión dedicada a ello.

Se propondrán trabajos individuales sobre teoría y problemas, para cuya realización y exposición el alumnado dispondrá

del apoyo del profesorado en seminarios periódicos.

Parte importante del trabajo del alumnado es de carácter personal. El profesorado orientará en todo momento ese trabajo y estimulará que se haga con regularidad y dedicación. Se animará igualmente a que utilicen las tutorías personales para aclarar cualquier duda o dificultad que se les presente en las asignaturas.

Se entregará al alumnado unas notas de clase, incluyendo el programa, la teoría con enunciados y demostraciones, relaciones de ejercicios a desarrollar en el aula y propuestos como trabajo personal, y la bibliografía recomendada. Todo este material estará disponible en la plataforma Egela.

TIPOS DE DOCENCIA

Tipo de Docencia	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Horas de Docencia Presencial	36	6	18						
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a	54	9	27						

Leyenda: M: Magistral

S: Seminario

GA: P. de Aula

GL: P. Laboratorio

GO: P. Ordenador

GCL: P. Clínicas

TA: Taller

TI: Taller Ind.

GCA: P. de Campo

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

- Sistema de evaluación continua
- Sistema de evaluación final

HERRAMIENTAS Y PORCENTAJES DE CALIFICACIÓN

- VER ORIENTACIONES 100%

CONVOCATORIA ORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

Las pruebas y actividades de evaluación de esta asignatura se desarrollarán conforme a los principios de integridad académica, honestidad y comportamiento ético establecidos en la normativa de la EHU. El estudiantado, al incorporarse a la Universidad, suscribió la Declaración de compromiso de comportamiento ético y honradez académica, comprometiéndose a no incurrir en plagio, fraude académico ni utilización de materiales o dispositivos no autorizados (incluidas herramientas de inteligencia artificial cuando no estén expresamente permitidas) en pruebas y trabajos académicos. El incumplimiento de estas obligaciones podrá conllevar las consecuencias académicas y disciplinarias previstas en la normativa universitaria vigente.

Examen final (Peso: 60 %, debe aprobarse esta parte para sumar el resto de las calificaciones)

Criterios:

- Precisión en los razonamientos y en las definiciones.
- Correcta utilización del lenguaje matemático.
- Método correcto de razonamiento, explicando de una manera clara y ordenada los argumentos y pasos intermedios.

Seminarios (Peso: 25 %)

Criterios:

- Respuestas correctas y buena utilización del lenguaje matemático.
- Claridad en los argumentos.
- En las exposiciones orales, orden y precisión.

Resolución de problemas escritos (Peso: 15 %)

Criterios:

- Respuestas correctas y buena utilización del lenguaje matemático.
- Claridad en los argumentos.
- En la entrega de problemas, orden y precisión.

EVALUACIÓN FINAL (en caso de renunciar a la evaluación continua)

Examen escrito: 100 %

CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

Examen escrito: 100 %

MATERIALES DE USO OBLIGATORIO

Apuntes y relaciones de ejercicios y problemas propuestos (disponibles en la plataforma Egela).

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía básica

- R. ENGELKING, General Topology, Heldermann Verlag, 1989.
A. HATCHER, Algebraic Topology, Cambridge University Press, 2001.
J. KELLEY, Topología General, EUDEBA, 1975.
W.S. MASSEY, Introducción a la topología algebraica, Reverté, 1982.
J.R. MUNKRES, Topología, Prentice Hall, 2002.
L.A. STEEN y J.A. SEEBACH, Counterexamples in Topology, Dover, 1995.
O. YA. VIRO, O.A. IVANOV, N. YU. NETSVETAEV y V.M. KHARLAMOV, Elementary Topology: Problem Textbook, AMS, 2008.
S. WILLARD, General Topology, Dover Publications Inc, 2004.

Bibliografía de profundización

- L.J. HERNÁNDEZ PARICIO y M.T. RIVAS RODRÍGUEZ, Grupo Fundamental, superficies, nudos y aplicaciones recubridoras, <http://www.unirioja.es/cu/luhernan/hfolder/htp.pdf>
- C. IVORRA CASTILLO, Topología Algebraica (con aplicaciones a la geometría diferencial), <http://https://www.uv.es/ivorra/Libros/TA.pdf>
- S.A. MORRIS, Topology without tears, <https://www.topologywithouttears.net/>

Revistas

Direcciones de internet de interés

- Página web de A. Hatcher: <https://pi.math.cornell.edu/~hatcher/>

OBSERVACIONES

ASIGNATURA

26669 - Análisis Multivariante

Créditos ECTS : 6**DESCRIPCIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ASIGNATURA****DESCRIPCIÓN**

En la asignatura Análisis Multivariante se presentarán los principales conceptos básicos, técnicas y resultados de las diferentes técnicas multivariantes. Se explicarán las definiciones, hipótesis y características fundamentales de las técnicas multivariantes más utilizadas. Se desarrollarán los métodos necesarios para aplicar estas técnicas en el contexto adecuado para cada una de ellas y, mediante los recursos computacionales apropiados, se aplicarán estas técnicas a casos prácticos y se interpretarán los resultados.

CONTEXTO

La asignatura Análisis Multivariante es optativa y está orientada al alumnado que quiere profundizar en el área de Estadística. Es necesario haber cursado con aprovechamiento la asignatura de Inferencia Estadística.

COMPETENCIAS / RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA**COMPETENCIAS ESPECÍFICAS**

CM01 - Conocer en profundidad los conceptos y resultados del cálculo de probabilidades, la estadística y la programación matemática.

CM03 - Usar correctamente la terminología relacionada con los fenómenos aleatorios, el análisis de datos y la optimización de funciones lineales.

CM04 - Modelizar correctamente situaciones típicas relativas a fenómenos aleatorios y el tratamiento de datos.

CM05 - Estar familiarizado con recursos informáticos apropiados para el tratamiento de las situaciones mencionadas y manejar correctamente algunos de ellos.

CM06 - Seleccionar correctamente la técnica de análisis adecuada, en función del objetivo que se persigue en el estudio de esas situaciones.

CM07 - Realizar correctamente los cálculos y/o visualizaciones gráficas que requieran tales situaciones, utilizando los recursos teóricos y/o computacionales apropiados.

CM08 - Interpretar con sentido crítico los resultados de los análisis realizados.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

- Tener una visión de conjunto de las principales técnicas de análisis de datos multivariantes.
- Saber elegir razonadamente la técnica concreta más apropiada para analizar un conjunto de datos.
- Saber interpretar correctamente los resultados del análisis.
- Conocer y utilizar correctamente recursos informáticos apropiados para el análisis de datos multivariantes y/o la resolución computacional de problemas de programación lineal y entera-mixta

CONTENIDOS TEÓRICO-PRÁCTICOS

1. INTRODUCCIÓN: Introducción al análisis multivariante, distribución normal multivariante.
2. MODELO LINEAL: regresión lineal simple, regresión lineal múltiple, modelo lineal general.
3. MODELO LINEAL GENERALIZADO y ANÁLISIS DISCRIMINANTE: regresión logística, regresión de Poisson, y análisis discriminante.
4. ANÁLISIS FACTORIAL: tipos de análisis factorial, modelo, extracción y rotación de factores, análisis en componentes principales, communalidades y bondad de ajuste.
5. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIAS: análisis general, ajuste de un subespacio a una nube de puntos, análisis de correspondencias simples, análisis de correspondencias múltiples.
6. CLASIFICACIÓN AUTOMÁTICA: tipos de clasificación, distancias y algoritmos, métodos jerárquicos y métodos no jerárquicos.

En las prácticas de ordenador se utilizarán recursos informáticos para la aplicación de las diferentes técnicas multivariantes que se desarrollan en el temario a un fichero de datos concreto. A partir de los resultados obtenidos, el alumnado desarrollará el informe estadístico correspondiente.

METODOLOGÍA

A principio de curso se publicarán en la plataforma eGela los apuntes de la asignatura, ejemplos resueltos y diferentes materiales que serán utilizados en la asignatura.

El contenido teórico se expondrá en clases magistrales siguiendo referencias básicas que figuran en la Bibliografía y el

material de uso obligatorio. Estas clases magistrales se complementarán con las prácticas de aula en las que se analizarán los resultados de diferentes ejemplos prácticos relacionados con cada una de las técnicas multivariantes presentadas.

TIPOS DE DOCENCIA

Tipo de Docencia	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Horas de Docencia Presencial	18	3	15		24				
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a	27	4,5	22,5		36				

Leyenda: M: Magistral S: Seminario GA: P. de Aula
GL: P. Laboratorio GO: P. Ordenador GCL: P. Clínicas
TA: Taller TI: Taller Ind. GCA: P. de Campo

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

- Sistema de evaluación continua
- Sistema de evaluación final

HERRAMIENTAS Y PORCENTAJES DE CALIFICACIÓN

- Ver orientaciones. 100%

CONVOCATORIA ORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

Las pruebas y actividades de evaluación de esta asignatura se desarrollarán conforme a los principios de integridad académica, honestidad y comportamiento ético establecidos en la normativa de la EHU/UPV. El estudiantado, al incorporarse a la Universidad, suscribió la Declaración de compromiso de comportamiento ético y honradez académica, comprometiéndose a no incurrir en plagio, fraude académico ni utilización de materiales o dispositivos no autorizados - incluidas herramientas de inteligencia artificial cuando no estén expresamente permitidas - en pruebas y trabajos académicos. El incumplimiento de estas obligaciones podrá conllevar las consecuencias académicas y disciplinarias previstas en la normativa universitaria vigente.

EVALUACIÓN CONTINUA:

Examen final escrito (entre un 50% y un 75%).

Pruebas prácticas, entrega de trabajos, cuestionarios prácticos y presentaciones a desarrollar durante todo el curso (entre un 25% y un 50% en la calificación final).

Se exigirá al menos un 4 sobre 10 en la calificación de cada uno de los apartados (examen final y pruebas prácticas) para poder aprobar con la evaluación continua.

EVALUACIÓN FINAL: Se puede solicitar hasta la semana 9 (incluida); a partir de esa fecha, se entenderá que todo alumno/a que no ha hecho la solicitud, será evaluado/a mediante la evaluación continua.

Examen escrito (entre un 50% y un 75%) (a la vez que los/as compañeros/as de la evaluación continua).

Examen práctico: Prueba práctica con RStudio en el aula de informática a realizar el mismo día del examen escrito.

El examen práctico se realizará a partir de una base de datos proporcionada por el profesorado y tendrá como objetivo valorar las competencias prácticas trabajadas durante el curso. Su peso en la calificación final estará comprendido entre el 25% y el 50%.

Se exigirá al menos un 4 sobre 10 en la calificación de cada uno de los apartados (examen final y práctico) para poder aprobar.

RENUNCIA

El alumno o la alumna que no se presente en la convocatoria ordinaria al examen escrito o no haya entregado el trabajo práctico, será calificado/a como No presentado/a.

CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

Examen escrito (entre un 50% y un 75%) (a la vez que los compañeros o compañeras de la evaluación continua).

Examen práctico: Consistirá en una prueba práctica que permita evaluar el grado de adquisición de las competencias prácticas trabajadas durante el curso. Su peso en la calificación final estará comprendido entre el 25% y el 50%. Quienes hayan superado la parte práctica en la evaluación continua conservarán la calificación obtenida en la convocatoria ordinaria y quedarán exentos/as de realizar esta prueba.

Se exigirá al menos un 4 sobre 10 en la calificación de cada uno de los apartados

MATERIALES DE USO OBLIGATORIO

Apuntes y materiales publicados en la plataforma eGela.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía básica

- Julian J. Faraway. Linear models with R., Chapman & Hall/CRC, 2014 (second ed.)
- Julian J. Faraway. Extending the linear model with R, Chapman & Hall/CRC, 2005
- Michael Greenacre. La práctica del análisis de correspondencias, Fundación BBVA, 2008.
- David W. Hosmer, Stanley Lemeshow and Rodney X. Sturdivant. Applied Logistic Regression, Wiley, 2013 (third ed.).
- Daniel Peña, Análisis de datos multivariantes, McGraw-Hill, 2002.
- Sanford Weisberg, Applied Linear Regression, Wiley, 2013 (fourth ed.).
- Hosson, F., Le, S., Pages, J. Exploratory multivariate analysis by example using R. Chapman & Hall/CRC Texts in Computer Science and Data Analysis, 2017 (second ed.)

Bibliografía de profundización

- Annette J. Dobson & Adrian Barnett. An Introduction to Generalized Linear Models. Chapman & Hall/CRC Texts in Statistical Science. 2008 (third ed.).
- Michael Greenacre.. Theory and application of Correspondence Analysis. London Academic Press, 1984.
- Frank E. Harrell. Regression modeling strategies. Springer, 2001
- Michel Jambu. Exploratory and Multivariate Data Analysis. Academic Press, 1991.
- David G. Kleinbaum, Lawrence L. Kupper, Azhar Nizam, and Eli S. Rosenberg. Applied Regression Analysis and Other Multivariable Methods. Cengage Learning, 2013 (fifth ed.).
- Peter McCullagh & John A. Nelder. Generalized Linear Models. Chapman and Hall, 1989. ((second ed.).
- Ewout W Steyerberg. Clinical prediction models: a practical approach to development, validation, and updating. Springer, 2008

Revistas

- Biometrical journal: <http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/%28ISSN%291521-4036/>
- BMC Medical research methodology: <http://www.biomedcentral.com/bmcmedresmethodol>
- Journal of Applied Statistics: <http://www.tandfonline.com/loi/cjas20#.VWw8eUYpp8E>
- Statistics in medicine: <http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/%28ISSN%291097-0258>
- Statistical methods in medical research: smm.sagepub.com/

Direcciones de internet de interés

- R-project: <http://www.r-project.org>

OBSERVACIONES

R Core Team (2026). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.

Centro 310 - Facultad de Ciencia y Tecnología**Ciclo** Indiferente**Plan** GMATEM31 - Grado en Matemáticas**Curso** 4º curso**ASIGNATURA**

26678 - Códigos y Criptografía

Créditos ECTS : 6**DESCRIPCIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ASIGNATURA**

Esta asignatura se centra en dos importantes aplicaciones de las matemáticas a las tecnologías de la información: los códigos correctores de errores y la criptografía. Así, se estudian las herramientas matemáticas de las que se disponen para que la información pueda transmitirse de forma fiable y segura.

Para ello, se aplican conceptos del álgebra abstracta estudiados en cursos anteriores, como por ejemplo, Álgebra Lineal y Geometría I, Estructuras Algebraicas, Álgebra Conmutativa y Ecuaciones Algebraicas. Conformando módulo con Diseño de Algoritmos, que analiza la complejidad de éstos.

El estudiante adquirirá las técnicas básicas de este área que le capacitarán para su utilización en otros campos de las matemáticas y le permitirán, si lo desea, afrontar un estudio más profundo del álgebra a través de otras asignaturas optativas de cuarto curso.

COMPETENCIAS / RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA**COMPETENCIAS ESPECÍFICAS**

M09CM01 - Entender la idea de la codificación y de que un código detecte y corrija errores.

M09CM02 - Saber utilizar el método de corrección por síndromes.

M09CM03 - Conocer algunos códigos importantes (códigos de Hamming, BCH,...) y sus propiedades.

M09CM04 - Entender la idea de la Criptografía de clave pública.

M09CM05 - Entender los sistemas RSA y Diffie-Hellman.

M09CM06 - Comprender las firmas digitales y los certificados.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Saber codificar y decodificar mensajes usando códigos lineales utilizando el método adecuado.

Saber calcular la distancia mínima de un código lineal.

Saber calcular la matriz generadora y de control de un código lineal.

Saber encriptar y desencriptar mensajes, usando sistemas criptográficos de clave privada y de clave pública estudiados.

CONTENIDOS TEÓRICO-PRÁCTICOS

1. CÓDIGOS LINEALES: Introducción. Códigos correctores de errores: definiciones básicas. Distancia de Hamming. Códigos equivalentes. Códigos perfectos. Códigos lineales: definición y primeras propiedades. Matrices generadora y de control de un código lineal. Codificación de un código lineal. Decodificación de un código lineal. Ejemplo de códigos lineales: Códigos de Hamming
2. CÓDIGOS CÍCLICOS: Definición y construcción de los códigos cíclicos. Polinomio generador y matriz generadora de un código cíclico. Polinomio de control y matriz de control de un código cíclico. Codificación y decodificación de un código cíclico. Método de decodificación cíclica. Ejemplo de códigos cíclicos: Códigos BCH.
3. TESTS DE PRIMALIDAD: Tests de primalidad: concepto y tipos. Algunos test de primalidad deterministas. Test de primalidad de Fermat. Números pseudoprimos. Test de primalidad de Miller-Rabin. Números pseudoprimos fuertes.
4. CRIPTOGRAFÍA: Sistemas criptográficos y sus tipos. Sistemas criptográficos de clave privada: sistemas afines, sistemas criptográficos de Hill, sistemas criptográficos de sustitución y DES. Sistemas criptográficos de clave pública: el sistema criptográfico RSA, el sistema criptográfico de ElGamal. Funciones hash. Protocolo de intercambio de claves de Diffie-Hellman. Firmas digitales.

PRACTICAS

Por cada uno de los temas anteriores, se realizará una práctica de ordenador relacionada con los contenidos estudiados en el mismo.

METODOLOGÍA

Clases Magistrales: Usando la metodología de lección magistral, se usarán para desarrollar la parte teórica de la asignatura.

Prácticas de Aula: Se resolverán problemas propuestos relacionados con los contenidos teóricos de cada tema.

Seminario: En estas sesiones el estudiante tomará un papel más activo y deberá demostrar la destreza adquirida hasta ese momento en las competencias trabajadas. Dependiendo de la sesión, se realizarán diferentes actividades, como, por ejemplo, realizar trabajos individuales o en grupo, resolver problemas, ... La asistencia a estas sesiones es obligatoria.

Prácticas de Ordenador: Se realizarán sesiones bisemanales de dos horas. La asistencia a estas sesiones es obligatoria. En estas horas, se diseñarán e implementarán programas relacionados con la materia expuesta en las clases magistrales, usando el programa de cálculo simbólico Mathematica.

TIPOS DE DOCENCIA

Tipo de Docencia	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Horas de Docencia Presencial	30	6	9		15				
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a	45	9	13,5		22,5				

Leyenda: M: Magistral S: Seminario GA: P. de Aula
GL: P. Laboratorio GO: P. Ordenador GCL: P. Clínicas
TA: Taller TI: Taller Ind. GCA: P. de Campo

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

- Sistema de evaluación final

HERRAMIENTAS Y PORCENTAJES DE CALIFICACIÓN

- Ver Apartado Orientaciones y Renuncia 100%

CONVOCATORIA ORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

Las pruebas y actividades de evaluación de esta asignatura se desarrollarán conforme a los principios de integridad académica, honestidad y comportamiento ético establecidos en la normativa de la EHU/UPV. El estudiantado, al incorporarse a la Universidad, suscribió la Declaración de compromiso de comportamiento ético y honradez académica, comprometiéndose a no incurrir en plagio, fraude académico ni utilización de materiales o dispositivos no autorizados -incluidas herramientas de inteligencia artificial cuando no estén expresamente permitidas- en pruebas y trabajos académicos. El incumplimiento de estas obligaciones podrá conllevar las consecuencias académicas y disciplinarias previstas en la normativa universitaria vigente.

Se evaluarán las competencias teórico-prácticas de la asignatura mediante la realización de las siguientes pruebas:

- 1.- Examen de teoría, cuestiones y problemas sobre los contenidos teóricos de la asignatura con un porcentaje en la calificación final del estudiante del 80% en la fecha fijada en el calendario oficial de exámenes.
- 2.- Examen de prácticas de ordenador a realizar en la semana 15 con un porcentaje en la calificación final del estudiante del 10%.
- 3.- Examen parcial de la asignatura a realizar a partir de la semana 9 con un porcentaje en la calificación final del estudiante del 10%.

Para aplicar los porcentajes anteriores es necesario haber obtenido un 4,5 sobre 10 en el examen final y haber entregado resueltas todas las prácticas de ordenador propuestas en las clases de prácticas de ordenador.

CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

Las pruebas de evaluación de esta asignatura se desarrollarán conforme a los principios de integridad académica, honestidad y comportamiento ético establecidos en la normativa de la EHU/UPV. El estudiantado, al incorporarse a la Universidad, suscribió la Declaración de compromiso de comportamiento ético y honradez académica, comprometiéndose a no incurrir en plagio, fraude académico ni utilización de materiales o dispositivos no autorizados -incluidas herramientas de inteligencia artificial cuando no estén expresamente permitidas- en pruebas y trabajos académicos. El incumplimiento de estas obligaciones podrá conllevar las consecuencias académicas y disciplinarias previstas en la normativa universitaria vigente.

Se realizará una única prueba final en la fecha fijada en el calendario oficial de exámenes en la que se evaluarán todas las competencias teórico-prácticas de la asignatura.

Esta prueba constará de dos partes, que deben ser superadas de forma independiente para poder aprobar la asignatura y que son las siguientes:

- 1.- Contenido teórico y problemas: Se realizará un examen de teoría, cuestiones y problemas sobre los contenidos teóricos de la asignatura, que tendrá un peso en la calificación final del estudiante del 90%.
- 2.- Prácticas de ordenador: Se entregarán resueltas las prácticas de ordenador propuestas durante el curso y se realizará un examen de Prácticas de ordenador, que tendrá un peso en la calificación final del estudiante del 10%.

Los estudiantes que superaron la parte de Prácticas de ordenador en la convocatoria ordinaria no es necesario que realicen la segunda parte de la prueba (la correspondiente a prácticas de ordenador), si consideran suficiente la calificación obtenida en la parte de prácticas de ordenador en la convocatoria ordinaria.

MATERIALES DE USO OBLIGATORIO

Apuntes de clase, relaciones de problemas y relaciones de prácticas de ordenador.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía básica

AKRITAS, A.G. Elements of computer algebra with applications, John Wiley and Sons, New York, 1989.
BRESSOUD, D.M. Factorization and primality testing, Springer-Verlag, New York, Iberoamericana, Wilmington, 1989.
HILL, R. A first course in coding theory. Ed. Clarendon Press, 1986.
HOFFSTEIN, J, PIPHER, J, SILVERMAN, J.H. An introduction to mathematical cryptography, Springer Science+Business Media, LLC, 2008.
MUNUERA, J., TENA, J. Codificación de la Información. Universidad de Valladolid, Secretariado de Publicaciones e Intercambio Científico, 1997.
ROMAN, S. Coding and Information Theory, Springer-Verlag, New York, 1992.
STINSON, R. S. Cryptography Theory and Practice, 2nd. ed., Chapman and Hall, Boca Raton, 2002.

Bibliografía de profundización

KOBLITZ, N. A course in number theory and cryptography. Ed. Springer-Verlag.
MENEZES, A.J., VAN OORSCHOT, P.C., VANSTONE, S.A. Handbook of applied cryptography CRC Press.
SMART, N. Cryptography: an introduction. Ed. McGraw-Hill.
VAN LINT, J.H., VAN DER GEER, G. Introduction to coding theory and algebraic geometry. Ed. Birkhäuser.
VAN LINT, J.H. Introduction to coding theory. Ed. Springer-Verlag.

Revistas

Direcciones de internet de interés

GARCIA, M.A., MARTINEZ, L., RAMÍREZ, T. Introducción a la Teoría de Códigos.
<https://ocw.ehu.eus/course/view.php?id=446>
QUIROS, A. La Teoría de Códigos: una introducción a las Matemáticas de la transmisión de información
<http://www.grupoalquerque.es/ferias/2012/archivos/pdf/teoriacodigos.pdf> (Artículo de divulgación)

OBSERVACIONES

ASIGNATURA

26212 - Diseño de Algoritmos

Créditos ECTS : 6**DESCRIPCIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ASIGNATURA**

El principal objetivo de la asignatura es presentar las técnicas fundamentales de diseño de algoritmos. Se estudiarán el objetivo y funcionalidad de cada técnica para la resolución de problemas, su esquema general, posibles implementaciones, estudio de costes computacionales y aplicaciones.

Se parte de los conocimientos básicos de computación y las competencias básicas en programación adquiridas hasta el momento en los estudios de grado, particularmente, aunque no solo, en las asignaturas de primer curso "Introducción a la Computación" y "Fundamentos de Programación". Sobre esta base se presentan las técnicas básicas de diseño de algoritmos sobre un lenguaje algorítmico. Se realizan análisis comparativos en función de especificaciones, costes, restricciones y se estudian también implementaciones eficaces de las técnicas presentadas. Se realizarán también análisis de costes reales y sobre computadora.

Las técnicas y competencias adquiridas en esta asignatura servirán al alumno en la resolución por computadora de cualquier problema algorítmico planteado en las demás asignaturas.

COMPETENCIAS / RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA**COMPETENCIAS ESPECÍFICAS**

M09CM07 - Seleccionar las técnicas de diseño de algoritmos más apropiadas para la resolución de cada problema.

M09CM08 - Estudiar el coste computacional de un algoritmo.

M09CM09 - Proponer alternativas válidas en función de especificaciones concretas del problema y/o de restricciones en las resoluciones.

M09CM010 - Proponer implementaciones eficaces.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

El alumno deberá conocer las técnicas fundamentales de diseño de algoritmos y ser capaz de elegir las técnicas algorítmicas adecuadas para la resolución de problemas propuestos así como realizar análisis comparativos en función de especificaciones y objetivos. Igualmente deberá ser capaz de diseñar implementaciones eficientes así como estimar y analizar la complejidad computacional de las mismas. Deberá igualmente ser capaz de realizar análisis de costes reales sobre computadora. Finalmente deberá comunicar ideas y resultados relativos a la materia de manera oral y escrita

CONTENIDOS TEÓRICO-PRÁCTICOS

1. INTRODUCCIÓN: eficiencia de los algoritmos, complejidad espacial y temporal, análisis de algoritmos recursivos, repaso de técnicas básicas.
2. ALGORITMOS DE EXPLORACIÓN: esquema general, búsqueda en profundidad con retroceso, ramificación y poda.
3. BÚSQUEDA INFORMADA: heurísticos y funciones de evaluación, búsqueda óptima, algoritmo A*.
4. ALGORITMOS VORACES: esquema general, algoritmo de Prim, algoritmo de Kruskal, algoritmo de Dijkstra, aplicaciones a problemas tecnológicos
5. PROGRAMACIÓN DINÁMICA: esquema general recursivo e iterativo, el principio de optimalidad, caminos mínimos, aplicaciones a problemas tecnológicos.

PRÁCTICAS DE ORDENADOR

P1.- Análisis experimental de la eficiencia de los algoritmos

P2.- Algoritmos de juegos.

P3.- Algoritmos probabilísticos (genéticos).

P4.- Algoritmos de clasificación.

SEMINARIOS: introducción a las redes neuronales.

METODOLOGÍA

El contenido teórico se expondrá en clases magistrales siguiendo referencias básicas que figuran en la Bibliografía y el material de uso obligatorio. Estas clases magistrales se complementarán con clases de problemas (prácticas de aula) en los que se propondrá a los alumnos resolver cuestiones y ejercicios en los que se aplicarán los conocimientos adquiridos en las clases teóricas. En los seminarios los alumnos realizarán exposiciones de cuestiones y ejemplos relacionados con el contenido de la asignatura. Además, se realizarán prácticas de ordenador orientadas a la consecución de las competencias de la asignatura.

TIPOS DE DOCENCIA

Tipo de Docencia	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Horas de Docencia Presencial	30	5	10		15				
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a	45	7,5	15		22,5				

Leyenda: M: Magistral S: Seminario GA: P. de Aula
GL: P. Laboratorio GO: P. Ordenador GCL: P. Clínicas
TA: Taller TI: Taller Ind. GCA: P. de Campo

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

- Sistema de evaluación continua
- Sistema de evaluación final

HERRAMIENTAS Y PORCENTAJES DE CALIFICACIÓN

- Ver orientaciones 100%

CONVOCATORIA ORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

Las pruebas y actividades de evaluación de esta asignatura se desarrollarán conforme a los principios de integridad académica, honestidad y comportamiento ético establecidos en la normativa de la EHU/UPV. El estudiantado, al incorporarse a la Universidad, suscribió la Declaración de compromiso de comportamiento ético y honradez académica, comprometiéndose a no incurrir en plagio, fraude académico ni utilización de materiales o dispositivos no autorizados (incluidas herramientas de inteligencia artificial cuando no estén expresamente permitidas) en pruebas y trabajos académicos. El incumplimiento de estas obligaciones podrá conllevar las consecuencias académicas y disciplinarias previstas en la normativa universitaria vigente.

Evaluación continua:

- Resolución algorítmica de problemas: tests, ejercicios y dos exámenes (50%). Se exige un mínimo de 4 sobre 10 en cada uno.
- Trabajo práctico: informes entregables y prueba adicional de verificación sobre ordenador (35%). Se exige un mínimo de 5 sobre 10.
- Exposiciones en seminarios (15%). Se exige un mínimo de 5 sobre 10.

Evaluación Final en Convocatoria Ordinaria:

- Resolución algorítmica de problemas (examen) (65%). Se exige un mínimo de 5 sobre 10.
- Trabajo práctico individual (prácticas): informes entregables y prueba adicional de verificación sobre ordenador (35%). Se exige un mínimo de 5 sobre 10.

CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

Las pruebas y actividades de evaluación de esta asignatura se desarrollarán conforme a los principios de integridad académica, honestidad y comportamiento ético establecidos en la normativa de la EHU/UPV. El estudiantado, al incorporarse a la Universidad, suscribió la Declaración de compromiso de comportamiento ético y honradez académica, comprometiéndose a no incurrir en plagio, fraude académico ni utilización de materiales o dispositivos no autorizados (incluidas herramientas de inteligencia artificial cuando no estén expresamente permitidas) en pruebas y trabajos académicos. El incumplimiento de estas obligaciones podrá conllevar las consecuencias académicas y disciplinarias previstas en la normativa universitaria vigente.

Evaluación Final en Convocatoria extraordinaria:

- Resolución algorítmica de problemas (examen) (65%). Se exige un mínimo de 5 sobre 10.
- Trabajo práctico individual (prácticas): informes entregables y prueba adicional de verificación sobre ordenador (35%). Se exige un mínimo de 5 sobre 10.

MATERIALES DE USO OBLIGATORIO

Lenguaje de programación Phyton.
Transparencias de clase y algún libro de la bibliografía básica.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía básica

- Gilles Brassard, Paul Bratley. Fundamentos de algoritmos. Prentice-Hall, 2006.
- Francesc J. Ferri, Jesús v. Albert, Gregorio Martín, Introducció a l'anàlisi i disseny d'algorismes, Universitat de Valencia, 1998.
- Syed Thouheed Ahmed, Syed Muzamil Basha, Sajeev Ram Arumugam, Mallikarjun M Kodabagi. Pattern Recognition. An Introduction, Open Book Published by MileStone Research Publications Company Limited, Bengaluru, Karnataka, India, 2021) ISBN: 978-9-35-493137-6.
- Jason Brownlee: Clever Algorithms: Nature-Inspired Programming Recipes. lulu.com, 2012.
- Christopher M. Bishop Pattern recognition and Machine Learning. Springer Science+Business Media, LLC, 2006, ISBN-10: 0-387-31073-8.
- Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest and Clifford Stein Introduction to Algorithms (Fourth Edition) MIT press 2022.

Bibliografía de profundización

- Weixiong Zhang: State-Space Search. Algorithms, Complexity, Extensions and Applications. Springer 1999.
- Bo Xing and Wen-Jing Gao. Innovative Computational Intelligence: A Rough Guide to 134 Clever Algorithms. Springer 2014.
- Richard O. Duda, Peter E. Hart, David G. Stork. Pattern Classification. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc. 2001 ISBN 0471056693.

Revistas

Direcciones de internet de interés

- * Wikipedia (versión en inglés) [en.wikipedia.org]
- * Clever Algorithms: <http://www.cleveralgorithms.com/nature-inspired/index.html>
- * Lenguaje algorítmico en Latex
- Algorithm2e: <http://www.ctan.org/pkg/algorithm2e>
- Uso Algorithm2e en español: <http://tex.stackexchange.com/questions/146050/how-to-write-pseudo-code-in-other-languages-spanish>
- * Python Programming Language
- Official Website: <http://python.org/>
- The Python Tutorial: <https://docs.python.org/3/tutorial/>
- Python 3 documentation: <https://docs.python.org/3/>
- Problem Solving with Algorithms and Data Structures Using Python - Official Website: <http://interactivepython.org/runestone/static/pythonds/index.html>

OBSERVACIONES

Aclaraciones: el alumnado tendrá derecho a ser evaluado mediante el sistema de evaluación final, independientemente de que haya participado o no en el sistema de evaluación continua. Para ello, el alumnado deberá presentar por escrito al profesorado responsable de la asignatura la renuncia a la evaluación continua, para lo que dispondrán de un plazo de 9 semanas para las asignaturas cuatrimestrales y de 18 semanas para las anuales, a contar desde el comienzo del cuatrimestre.

Centro 310 - Facultad de Ciencia y Tecnología

Ciclo Indiferente

Plan GMATEM31 - Grado en Matemáticas

Curso 4º curso

ASIGNATURA

26691 - Ecuaciones en Derivadas Parciales

Créditos ECTS : 6

DESCRIPCIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ASIGNATURA

En este curso se estudiarán las ecuaciones en derivadas parciales fundamentales de la física matemática: algunas ecuaciones de primer orden, la ecuación de ondas, la ecuación del calor y la ecuación del potencial. En esta asignatura se desarrollan los conceptos básicos y técnicas específicas de resolución de ecuaciones en derivadas parciales, así como sus aplicaciones geométricas y físicas más importantes. Con esta asignatura se pretende que el estudiante adquiera una formación complementaria a los conocimientos adquiridos en la asignatura de Ecuaciones Diferenciales. Además de Ecuaciones Diferenciales, se recomienda haber cursado Cálculo Diferencial e Integral I y II y Medida e Integración.

COMPETENCIAS / RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA**COMPETENCIAS**

M04CM03 Conocer demostraciones rigurosas de resultados sobre ecuaciones diferenciales e idear nuevas demostraciones de resultados propuestos.

M04CM04 Utilizar métodos analíticos, gráficos y computacionales para la resolución de ecuaciones diferenciales concretas.

M04CM06 Relacionar distintos problemas de la Geometría, la Física y el mundo real con las ecuaciones diferenciales.

M04CM08 Resolver ecuaciones diferenciales y transmitir los métodos de resolución de manera escrita y oral con el lenguaje matemático adecuado.

M04CM09 Conocer las distintas nociones de solución de una ecuación en derivadas parciales y aplicar posibles métodos de cálculo de soluciones.

M04CM10 Traducir problemas reales en términos de ecuaciones diferenciales ordinarias y ecuaciones en derivadas parciales.

M04CM11 Entender el comportamiento de las ecuaciones diferenciales en entornos de puntos regulares o singulares y la noción de estabilidad en los puntos de equilibrio.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Aplicar los métodos principales en la resolución de las ecuaciones en derivadas parciales.

Resolver ecuaciones en derivadas parciales lineales.

Interpretar algunos problemas reales en términos de ecuaciones diferenciales.

Saber obtener información cualitativa sobre las soluciones de ecuaciones en derivadas parciales.

CONTENIDOS TEÓRICO-PRÁCTICOS

1. INTRODUCCIÓN. ¿Qué son las EDP? Terminología. Cambio de variable. Repaso de divergencia, gradiente y del Teorema de la divergencia y fórmula de Green. Ejemplos de ecuaciones de la Física-Matemática: calor, ondas, potencial, Schrödinger, Cauchy-Riemann, Navier-Stokes. Problema de Cauchy. Condiciones iniciales y condiciones de contorno. Resolución de ecuaciones de primer orden: método de las características. Clasificación de las ecuaciones de segundo orden. Teorema de Cauchy-Kowalevsky. Problemas bien planteados.

2. ONDAS EN UNA DIMENSIÓN. Deducción de la ecuación. La cuerda vibrante infinita: solución de D'Alembert.

Soluciones fundamentales. Dominios de dependencia y de influencia. Ecuación no homogénea. Soluciones generalizadas o débiles. Ondas en una semirrecta. Ondas en una cuerda finita. Conservación de la energía.

3. LA ECUACION DEL CALOR EN LA RECTA. Deducción de la ecuación. Soluciones auto semejantes. Distribuciones y convolución. Soluciones fundamentales. Funciones de Green. La solución al problema de valores iniciales. Algunas propiedades de la solución. La unicidad. Ecuación no homogénea: método de Duhamel. La ecuación del calor en un cilindro.

4. SEPARACIÓN DE VARIABLES. Solución de la ecuación del calor sobre una barra finita por separación de variables. Repaso de algunos teoremas de convergencia de funciones. Criterio de Weierstrass. Series de Fourier: coeficientes de Fourier, núcleo de Dirichlet, resultados de convergencia, desigualdad de Bessel, convergencia uniforme. Convergencia al dato inicial. Otras condiciones de contorno. El problema de Sturm-Liouville. Solución de la ecuación del calor no homogénea sobre una barra finita por separación de variables. Separación de variables para la ecuación de ondas. Separación de variables sobre otros dominios.

5. LA ECUACION DEL POTENCIAL EN EL PLANO. El problema de Dirichlet en un círculo, anillo, en el exterior de una bola y en un semiplano. Núcleos de Poisson. Continuidad hasta el borde. Algunas propiedades de las funciones armónicas. El principio del máximo. El problema de Dirichlet en un rectángulo. El problema de Neumann.

METODOLOGÍA

El contenido teórico se expondrá en clases magistrales siguiendo referencias básicas que figuran en la Bibliografía. Estas clases magistrales se complementarán con clases de problemas (prácticas de aula) en los que se propondrá a los alumnos resolver cuestiones en las que se aplicarán los conocimientos adquiridos en las clases teóricas. En los seminarios se desarrollarán cuestiones y ejemplos representativos del contenido de la asignatura, que generalmente habrán sido facilitados con anterioridad a los alumnos para trabajarlos y motiven la posterior reflexión y discusión en la sesión dedicada a ello.

TIPOS DE DOCENCIA

Tipo de Docencia	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Horas de Docencia Presencial	36	6	18						
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a	54	9	27						

Leyenda: M: Magistral S: Seminario GA: P. de Aula
 GL: P. Laboratorio GO: P. Ordenador GCL: P. Clínicas
 TA: Taller TI: Taller Ind. GCA: P. de Campo

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

- Sistema de evaluación final

HERRAMIENTAS Y PORCENTAJES DE CALIFICACIÓN

- Ver orientaciones. 100%

CONVOCATORIA ORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

Examen final escrito.

Las pruebas y actividades de evaluación de esta asignatura se desarrollarán conforme a los principios de integridad académica, honestidad y comportamiento ético establecidos en la normativa de la EHU/UPV. El estudiantado, al incorporarse a la Universidad, suscribió la Declaración de compromiso de comportamiento ético y honradez académica, comprometiéndose a no incurrir en plagio, fraude académico ni utilización de materiales o dispositivos no autorizados ζ incluidas herramientas de inteligencia artificial cuando no estén expresamente permitidas ζ en pruebas y trabajos académicos. El incumplimiento de estas obligaciones podrá conllevar las consecuencias académicas y disciplinarias previstas en la normativa universitaria vigente.

CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

En la convocatoria extraordinaria se aplicarán los mismos criterios de evaluación que en la ordinaria.

Las pruebas y actividades de evaluación de esta asignatura se desarrollarán conforme a los principios de integridad académica, honestidad y comportamiento ético establecidos en la normativa de la EHU/UPV. El estudiantado, al incorporarse a la Universidad, suscribió la Declaración de compromiso de comportamiento ético y honradez académica, comprometiéndose a no incurrir en plagio, fraude académico ni utilización de materiales o dispositivos no autorizados ζ incluidas herramientas de inteligencia artificial cuando no estén expresamente permitidas ζ en pruebas y trabajos académicos. El incumplimiento de estas obligaciones podrá conllevar las consecuencias académicas y disciplinarias previstas en la normativa universitaria vigente.

MATERIALES DE USO OBLIGATORIO

eGela plataforma.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía básica

S. J. FARLOW, Partial Differential Equations for Scientists & Engineers, Ed. John Wiley & Sons, 1982.
 F. JOHN, Partial Differential Equations, Ed. Springer-Verlag, New York, 1981.
 J. D. LOGAN, Applied Partial Differential Equations, Ed. Springer-Verlag, 1998.
 I. PERAL, Ecuaciones en Derivadas Parciales, Ed. Addison-Wesley/UAM, 1995.
 H. F. WEINBERGER, Curso de Ecuaciones en Derivadas Parciales, Ed. Reverté, 1979.
 W. STRAUSS, Partial Differential Equations: An Introduction, 2nd Edition, Wiley, 2008.

Bibliografía de profundización

J. OCKENDON, S. HOWISON, A. LACEY, A. MOVCHAN, Applied Partial Differential Equations, Oxford Texts in Applied and Engineering Mathematics, 2003.
 L. C. EVANS, Partial Differential Equations, Graduate Studies in Mathematics, American Mathematical Society, 1998.
 R. SEELEY, Introducción a las Series e Integrales de Fourier, Ed. Reverté, 1970.
 E. A. GONZÁLEZ-VELASCO, Fourier Analysis and Boundary Value Problems, Ed. Academic Press, 1995.

Revistas

Direcciones de internet de interés

OBSERVACIONES

COURSE GUIDE

2026/27

Faculty 310 - Faculty of Science and Technology**Cycle** .**Degree** GMATEM31 - Bachelor's Degree in Mathematics**Year** Fourth year**COURSE**

26679 - Functional Analysis

Credits, ECTS: 6**COURSE DESCRIPTION****OBJECTIVES**

The objectives of the course are the study of the main properties of bounded operators between Banach and Hilbert spaces, of the basic results associated to the different types of convergences in normed spaces and for the spectral theorem and its applications.

COURSE DESCRIPTION

The Functional Analysis is an important branch of Mathematics developed with the purpose to cover theoretical needs of Partial Differential Equations and Mathematical Analysis. The Functional Analysis is related to problems arising on Partial Differential Equations, Measure Theory and other branches of Mathematics.

We do not encourage to register in the course to students with less than a B2 english level. To take the course we recommend to have first taken the courses: Calculus I (1º), Calculus II (2º), Complex Analysis (2º), Linear Algebra and Geometry I (1º), Linear Algebra and Geometry II (2º), Differential Equations (3º), Measure and Integration (3º) and Partial Differential Equations (4º).

COMPETENCIES/LEARNING RESULTS FOR THE SUBJECT**COMPETENCIES**

CM04- To understand the concepts of Banach and Hilbert spaces and to learn to classify the standard examples. In particular, spaces of sequences and functions.

CM05- To learn to use properly the specific techniques for bounded operators over normed and Hilbert spaces.

CM06- To understand how to use the main properties of compact operators.

CM07- To learn to explain the fundamental results in the theory with accuracy and rigour.

CM08- To apply the spectral analysis of compact self-adjoint operators to the resolution of integral equations.

LEARNING OUTCOMES

To learn to recognize the fundamental properties of normed spaces and of the transformations between them. To be acquainted with the statement of the Hahn-Banach theorem and its corollaries. To understand the notions of dot product and Hilbert space. To apply the spectral theorem to the resolution of integral equations and Sturm-Liouville problems.

Theoretical and Practical Contents

1. BANACH AND HILBERT SPACES: Banach spaces, finite dimensional normed spaces, examples of Banach spaces, Hilbert spaces, best approximation, projection theorem, dual of a Hilbert space, Riesz-Fréchet theorem, variational problems, the Dirichlet principle, bases in Hilbert spaces, orthogonality.
2. HAHN-BANACH THEOREM AND ITS CONSEQUENCES: Hahn-Banach theorem, the extension property. Topological dual of classical spaces. Weak topology and reflexive spaces.
3. SPECTRAL THEOREM: Spectral theorem for self-adjoint compact operators: examples of bounded operators on Hilbert spaces, inversion of operators, spectrum, adjoint of operators on a Hilbert space, compact operators, some applications of the spectral theorem.
4. BAIRE THEOREM AND ITS COROLLARIES: open mapping theorem, uniform boundedness theorem and closed graph theorem.

TEACHING METHODS

The standard ones: lectures, problem sessions and personal homeworks solved by the students with the help of the lecturers.

The theoretical contents will be presented in master classes following basic references in the bibliography. The lectures will be complemented with problem sessions, where the students will apply the theory explained in the lectures to solve some problem sets and to understand some of its applications. In the problem sessions, exercises and representative examples will be considered. These will be given to the students in advance for them to have time to work out the solutions. Students must participate actively in the problem sessions. The discussion of its solutions will be encouraged.

TYPES OF TEACHING

Types of teaching	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Hours of face-to-face teaching	36	6	18						
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a	54	9	27						

Legend: M: Lecture-based S: Seminar GA: Applied classroom-based groups
GL: Applied laboratory-based groups GO: Applied computer-based groups GCL: Applied clinical-based groups
TA: Workshop TI: Industrial workshop GCA: Applied fieldwork groups

Evaluation methods

- End-of-course evaluation

Evaluation tools and percentages of final mark

- Written test, open questions 85%
- Exercises, cases or problem sets 15%

ORDINARY EXAMINATION PERIOD: GUIDELINES AND OPTING OUT

Final written examination with questions related to the theory and problems worked out during the lectures. Students will turn in on the day of the final examination the written solutions to some of the problems assigned during the course.

Written examination: not less than 85% of the final grade.

Homework evaluation: not more than 15% of the final score.

The final grade will be No presentado when the written examination is not turned in.

The exams and assessment activities for this course will be conducted in accordance with the principles of academic integrity, honesty, and ethical conduct established in EHU regulations. Upon enrolling at EHU, students signed the Declaration of Commitment to Ethical Behavior and Academic Integrity pledging not to engage in plagiarism, academic fraud, or use unauthorized materials or devices, including artificial intelligence tools when not expressly permitted, in exams and academic assignments. Failure to comply with these obligations may result in the academic and disciplinary consequences provided for in current university regulations.

EXTRAORDINARY EXAMINATION PERIOD: GUIDELINES AND OPTING OUT

Final written examination with questions related to the theory and problems worked out during the lectures. Students will turn in on the day of the final examination the written solutions to some of the problems assigned during the course.

Written examination: not less than 85% of the final grade.

Homework evaluation: not more than 15% of the final score.

The final grade will be No presentado when the written examination is not turned in.

The exams and assessment activities for this course will be conducted in accordance with the principles of academic integrity, honesty, and ethical conduct established in EHU regulations. Upon enrolling at EHU, students signed the Declaration of Commitment to Ethical Behavior and Academic Integrity pledging not to engage in plagiarism, academic fraud, or use unauthorized materials or devices, including artificial intelligence tools when not expressly permitted, in exams and academic assignments. Failure to comply with these obligations may result in the academic and disciplinary consequences provided for in current university regulations.

MANDATORY MATERIALS

In the lectures and problem sessions we shall mainly use the books:

K. Saxe. Beginning Functional Analysis. Springer
W. Rudin. Real and Complex Analysis. MacGraw-Hill Company.
H. Brezis. Functional Analysis, Sobolev Spaces and Partial Differential Equations. Springer.
W. Rudin. Functional Analysis. McGraw-Hill Book Company.

and the hand written lecture notes in the web page

http://www.ehu.eus/luis.escauriaza/apuntes_problemas_y_examene/lecture-notes-functional.pdf

BIBLIOGRAPHY

Basic bibliography

Functional Analysis, Sobolev Spaces and Partial Differential Equations
by H. Brezis
Springer New York Dordrecht Heidelberg London (2011)

<https://link.springer.com/book/10.1007/978-0-387-70914-7>

Detailed bibliography

Additional possible bibliography.

Yosida, K.: Functional Analysis, Springer-Verlag, 6th edition, 1980

Schechter, M.: Principles of Functional Analysis, AMS, 2nd edition, 2001

Hutson, V., Pym, J.S., Cloud M.J.: Applications of Functional Analysis and Operator Theory, 2nd edition, Elsevier Science, 2005, ISBN 0-444-51790-1

Dunford, N. and Schwartz, J.T. : Linear Operators, General Theory, and other 3 volumes, includes visualization charts

Sobolev, S.L.: Applications of Functional Analysis in Mathematical Physics, AMS, 1963

Lebedev, L.P. and Vorovich, I.I.: Functional Analysis in Mechanics, Springer-Verlag, 2002

Journals

Web sites of interest

<http://www.ehu.eus/luis.escauriza/>

OBSERVATIONS

It is strongly recommended to attend the lectures and problem sessions. The problems solved in the problem sessions complement and contain important parts of the theory explained in the lectures.

ASIGNATURA

26675 - Grupos y Representaciones

Créditos ECTS : 6**DESCRIPCIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ASIGNATURA**

Se completan los conocimientos sobre teoría de grupos estudiados en segundo curso (Estructuras Algebraicas) y se desarrolla una introducción a la teoría de la representación y la teoría de caracteres complejos, teniendo como objetivo final la demostración del teorema $p^a q^b$ de Burnside.

Esta asignatura profundiza en el campo del álgebra, cuyos fundamentos han quedado establecidos en el módulo Estructuras algebraicas (2º) + Álgebra conmutativa (3º) + Ecuaciones Algebraicas (3º). También está estrechamente relacionada con el módulo Álgebra lineal y geometría. Hay importantes aplicaciones en teoría de códigos, tema que se trata en la asignatura Códigos y criptografía.

COMPETENCIAS / RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA**COMPETENCIAS**

- M11CM01 - Comprender el concepto de acción de un grupo sobre un conjunto y el concepto equivalente de representación por permutaciones.
- M11CM02 - Conocer los teoremas de Sylow y saber aplicarlos para demostrar la resolubilidad de algunos grupos y clasificar grupos de orden bajo.
- M11CM03 - Comprender la equivalencia entre los conceptos de representación de un grupo y de acción sobre un espacio vectorial.
- M11CM04 - Saber definir y reconocer algunas representaciones de grupos sencillas.
- M11CM05 - Entender el teorema de Maschke y su papel en la teoría de la representación.
- M11CM06 - Conocer qué es un carácter y sus principales propiedades.
- M11CM07 - Saber calcular la tabla de caracteres de algunos grupos. Porcentaje que se asignará adicionalmente sencillos.
- M11CM08 - Entender el teorema de Burnside sobre la resolubilidad de los grupos de orden $p^a q^b$.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

- Conocer los conceptos y aplicaciones relacionados con las acciones de un grupo sobre un conjunto.
- Conocer los Teoremas de Sylow y sus aplicaciones (clasificación de grupos de orden bajo y criterios de no simplicidad).
- Saber definir y reconocer algunas representaciones de grupos sencillas.
- Saber calcular la tabla de caracteres de algunos grupos sencillos.

CONTENIDOS TEÓRICO-PRÁCTICOS

1. GRUPOS LIBRES Y PRESENTACIONES DE GRUPOS: Grupos libres. Propiedad universal de los grupos libres. Presentaciones de grupos. Teorema de von Dyck. Ejemplos. (Este tema se impartirá o no, según decida el profesorado.)
2. ACCIONES DE GRUPOS Y PRODUCTOS SEMIDIRECTOS: Acciones y representaciones por permutaciones. Órbitas y estabilizadores. Clases de conjugación y centralizadores. Acciones de grupos sobre grupos y productos semidirectos.
3. LOS TEOREMAS DE SYLOW: Subgrupos de Sylow. Los teoremas de Sylow. Aplicaciones: criterios de no simplicidad y clasificación de algunos grupos de orden bajo.
4. GRUPOS RESOLUBLES: Conmutadores de elementos y de subgrupos. El subgrupo derivado y la serie derivada. Grupos resolubles. Subgrupos normales minimales en grupos resolubles finitos.
5. REPRESENTACIONES DE GRUPOS: La idea de representación. Representaciones de grupos. Representaciones irreducibles y lema de Schur. El teorema de Maschke.
6. CARACTERES: Carácter de una representación. Propiedades. Relaciones de ortogonalidad. El espacio de las funciones de clase. Núcleo y centro de un carácter.
7. EL TEOREMA $p^a q^b$ DE BURNSIDE: Enteros algebraicos. Divisibilidad de los grados de los caracteres irreducibles. El teorema $p^a q^b$ de Burnside.

METODOLOGÍA

El contenido teórico se expondrá en clases magistrales. Estas clases se complementarán con clases de problemas y con seminarios.

TIPOS DE DOCENCIA

Tipo de Docencia	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Horas de Docencia Presencial	36	6	18						
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a	54	9	27						

Leyenda: M: Magistral S: Seminario GA: P. de Aula
GL: P. Laboratorio GO: P. Ordenador GCL: P. Clínicas
TA: Taller TI: Taller Ind. GCA: P. de Campo

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

- Sistema de evaluación continua
- Sistema de evaluación final

HERRAMIENTAS Y PORCENTAJES DE CALIFICACIÓN

- Prueba escrita a desarrollar 70%
- Realización de prácticas (ejercicios, casos o problemas) 15%
- Porcentaje que se añadirá a las herramientas anteriores 15%

CONVOCATORIA ORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

ALUMNAS/OS QUE SIGAN LA EVALUACIÓN CONTINUA

La nota final se obtendrá realizando la media ponderada de las calificaciones obtenidas en las siguientes tareas:

T1. Problemas o trabajos individuales a lo largo de todo el curso (con exposición en clase) y/o trabajos en grupo (con exposición en clase o en el despacho del profesor): 15-30%.

T2. Examen o exámenes escritos: 70-85%.

Para poder aprobar la asignatura con el sistema de evaluación continua es necesario que la nota obtenida en el apartado T2 sea al menos de 4,5 puntos sobre 10.

ALUMNAS/OS QUE RENUNCIEN A LA EVALUACIÓN CONTINUA

El 100% de la nota corresponderá al examen escrito de la convocatoria ordinaria.

CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

El 100% de la nota corresponderá al examen escrito de la convocatoria extraordinaria.

MATERIALES DE USO OBLIGATORIO

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía básica

- B. HUPPERT, Endliche gruppen I. Springer-Verlag, Berlín, 1967.
- B. HUPPERT, Character Theory of Finite Groups. Walter de Gruyter, Berlín, New York, 1998.
- I.M. ISAACS, Character Theory of Finite Groups. Dover Publications, New York, 1994.
- I.M. ISAACS, Finite Group Theory. American Mathematical Society, Providence (Rhode Island), 2008.
- W. LEDERMANN, Introduction to Group Characters. Cambridge University Press, 2nd ed., Cambridge, 1987.
- G. NAVARRO, Un curso de álgebra, Universidad de Valencia, 2002.
- J. ROSE, A Course on Group Theory. Dover Publications, New York, 1994.

Bibliografía de profundización

- J.L. ALPERIN, R.B. BELL, Groups and Representations. Springer, Berlin-New York, 1995.
- L. DORNHOFF, Group Representation Theory, Part A. Marcel Dekker, New York, 1971.
- L.C. GROVE, Groups and Characters. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1997.
- D.J.S. ROBINSON, A Course in the Theory of Groups, 2nd ed. Springer, New York, 1996.

Revistas

Direcciones de internet de interés

OBSERVACIONES

Las pruebas y actividades de evaluación de esta asignatura se desarrollarán conforme a los principios de integridad académica, honestidad y comportamiento ético establecidos en la normativa de la EHU/UPV. El estudiantado, al

incorporarse a la Universidad, suscribió la Declaración de compromiso de comportamiento ético y honradez académica, comprometiéndose a no incurrir en plagio, fraude académico ni utilización de materiales o dispositivos no autorizados, incluidas herramientas de inteligencia artificial cuando no estén expresamente permitidas en pruebas y trabajos académicos. El incumplimiento de estas obligaciones podrá conllevar las consecuencias académicas y disciplinarias previstas en la normativa universitaria vigente.

IRAKASGAIA

28278 - Idatzizko komunikazio zientifiko-teknikoa euskaraz

ECTS kredituak: 6

IRAKASGAIAREN AZALPENA ETA TESTUINGURUA ZEHAZTEA

IRAKASGAI HAU EUSKARAZ BAINO EZ DA ESKAINTZEN.

Irakasgai hau hautazkoa da Matematikako Graduko 4. mailako ikasleentzat. Komunikazio zientifiko-teknikoa landuko da: dokumentazioa, berrikuspen bibliografikoak eta testu-genero ohikoenak. Horretarako, espezializazio maila desberdinetako idatzizko eta ahozko testuak landuko dira: ikerketa-artikuluak, dibulgazioak, testu didaktikoak, lexikografikoak, eta ahozko aurkezpen akademikoak. Berariaz sakonduko da idatzizko komunikazio zientifikoan. Espezialitate-alorreko terminologia eta fraseologia ere landuko dira aipatutako testu-generoekin lotuta.

Irakasgai honek (IKZTEK) lotura zuzena du gradu berean eskaintzen den Ahozko Komunikazio Zientifiko-Teknikoa Euskaraz (AKZTE) hautazko irakasgaiarekin (4. mailan egin daitekeena hau ere; bigarren lauhilekoan). AKZTE irakasgaiaren ere landuko da idatzizko komunikazio zientifikoak, baina areago sakonduko da ahozko testuetan eta komunikazio multimodalean.

Halaber, IKZTE irakasgaiaren lantzen diren edukiek eta trebetasunek lotura zuzena dute Matematikako Graduko zenbait gaitasun zehatzekin:

- T8. Hizkuntza matematikoa ulertu eta erabiltzea, eta ezagutza, prozedura, emaitza eta ideia matematikoak idatziz zein ahoz komunikatzea.
- T9. Ondorengo ikasketak autonomia-maila handiarekin egiteko beharrezkoak diren ikaskuntza-trebetasunak garatzea.
- T10. Matematikaren baliabide bibliografikoak bilatzeko tresnak erabiltzea.

Horretaz gain, GrAla prestatzen ari diren ikasleei oso baliagarri izango zaie irakasgai hau, testuak planifikatzeko, ekoizteko eta berrikusteko baliabideak landuko baitira.

GAITASUNAK / IRAKASGAIA IKASTEAREN EMAITZAK

- 1- Goi-mailako tituludunek euskararen erabilera eta garapenean duten eraginaren kontzientzia hartzea, eta norberaren komunikazio-rola berraztertzea testuinguru horretan.
- 2- Informazio zientifikoak bilatzea, ulertzea, sintetizatzea eta kritikoki aztertzea.
- 3- Ikerkuntzarekin, aholkularitza teknikoarekin eta irakaskuntzarekin lotutako arazoei aurre egiteko bideak adostea, aurkeztea eta argudiatzea, elkarlana baliatuta.
- 4- Kontsulta-tresnak erabiltzen jakitea (bereziki Interneten eskuragarri daudenak), askotariko komunikazio-egoeretan sor daitezkeen premiei egokiro erantzuteari begira.
- 5- Unibertsitate- eta lanbide-esparruetako dokumentuak egokiro sortzea (curriculumak, inprimakiak, protokoloak, eskabideak...).
- 6- Zientzia arloko gaiak komunikatzea, komunikazio-testuinguruaren eskakizunak aintzat hartuta: txostenak, artikulu zientifikoak, testu didaktikoak, dibulgazio-testuak, testu lexikografikoak.

EDUKI TEORIKO-PRAKTIKOAK

EGITARAU TEORIKOA

1. GAIA: Komunikazioaren oinarriak: testuen kalitatea
 - 1.1. Testua komunikazio-unitate linguistikoa: testuinguratzea, egituratzea eta testuratzea
 - 1.2. Testuen berrikuspena
 - 1.3. Komunikazio espezializatuaren bereizgarri batzuk
 - 1.4. Ahozko eta idatzizko testuak
 - 1.5. Testu-sorkuntzarako eta berrikuspenerako kontsulta-baliabideak
2. GAIA: Zientzia-testuak: testu prototipikoen bereizgarri linguistikoak
 - 2.1. Parametro pragmatikoak eta zientzia-testuak
 - 2.2. Testu didaktikoak eta testu entziklopedikoak
 - 2.3. Ikerketa-testuak eta dibulgazio-testuak
 - 2.4. Zientzia-testuetan maiz erabiltzen diren zenbait diskurtso-eragiketa: testu-antolatzaileak, diskurtso-errutinak, aditzen hautapena.
 - 2.5. Erregistro akademikoaren zenbait bereizgarri: hitz elkartuen osaera eta idazkera, baliabide sinbolikoak diskurtsoan txertatzeko estrategiak eta izen-sintagma konplexuak.

3. GAIA: Terminologia eta fraseologia zientifikoak
- 3.1. Testu espezializatuak, terminologia eta fraseologia
- 3.2. Hizkuntza gutxituen biziberritzea eta terminologia
- 3.3. Termino-sorkuntza: hiztegi-sorkuntzarako bideak
- 3.4. Terminologia-aldakortasuna garatutako hizkuntzetan eta normalizazio bidean dauden hizkuntzetan
- 3.5. Zenbait okerbide euskarazko terminoen sorkuntzan
- 3.6. Kontsulta-baliabideak: hiztegi eta datu-base terminologikoak vs corpusak

EGITARAU PRAKTIKOA

Ordenagailu-gelako praktiketan hiru proiektu eramango dira aurrera.

A proiektua: Komunitate akademikoaren kideekin komunikatzea: eskabidea eta mezu elektronikoa

Helburua: Komunikazioaren, testu-ekoizpenaren eta berrikuspenaren oinarriak lantzea (betiere, kontsulta-baliabideak erabiliz: ortografia-zuzentzaileak, hiztegiak eta testu-corpusak).

B proiektua: Terminologia, jakintza espezializatua errepresentatzeko tresna.

Helburua: Goi-mailako tituludunek jakintza espezializatua euskaraz errepresentatzeko baliabideak sortzeko orduan duten erantzukizunaz kontzientzia hartzea.

C proiektua: Komunikazio espezializatua eta testu espezializatuak.

Helburua: Informazio espezializatua kudeatzea, ikerketa-testuak sortzeari begira. Ohiko ikerketa-testu ahozkoak eta idatzizkoak landuko dira eta, bestalde, terminologiaren komunikazio-funtzioa landuko da, komunikazio-egoera eta testu mota desberdinetan.

METODOLOGIA

Irakasgai honetan erabiltzen dugun metodologia zientzia komunikatzeko erabiltzen diren testu-generoen ekoizpenean oinarrituta dago. Askotariko komunikazio-egoerak simulatuko ditugu, eta komunikazio-egoera horietan erabiltzen diren testu-generoak ekoiztiko ditugu, idatzizkoak eta ahozkoak. Testu-ekoizpenean hobetzen joateko, hainbat baliabide eta zeregin erabiliko ditugu: azalpen teorikoak, sakontzeko ariketak, landuko ditugun testu-generoen azterketa, zalantza linguistikoak argitzeko kontsulta-baliabideak, sortutako testuen zuzenketak (irakasleen atzera-elikadura) eta arazo gehien sortzen dituzten egitura linguistikoei buruzko galdetegiak. Funtsezkoa izango da gogoeta linguistiko eta soziolinguistikoa, ikasleek modulu bakoitzean egin beharko duten txostenean islatuko dutena. Ahozko aurkezpenak ere egingo dira, ebaluazio-tresna modura erabiliko direnak.

IRAKASKUNTZA MOTAK

Eskola mota	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Ikasgelako eskola-orduak	15		15		30				
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a	22,5		22,5		45				

Legenda:

M: Magistrala	S: Mintegia	GA: Gelako p.
GL: Laborategiko p.	GO: Ordenagailuko p.	GCL: P. klinikoak
TA: Tailerra	TI: Tailer Ind.	GCA: Landa p.

EBALUAZIO-SISTEMAK

- Ebaluazio jarraituaren sistema
- Azken ebaluazioaren sistema

KALIFIKAZIOKO TRESNAK ETA EHUNEKOAK

- Ikus ohiko deialdirako eta ezohiko deialdirako orientazioak % 100

OHIKO DEIALDIA: ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA

Irakasgaiaren ebaluazioa jarraitua izango da. Ebaluazio jarraituak eskatzen du saio guztietara bertaratzea eta zeregin guztiak garaiz entregatzea.

Ebaluazio jarraitua egiten hasi eta alde batera uztea erabakitzen duten ikasleek edo hasieratik ebaluazio jarraitua ez egitea aukeratzen duten ikasleek ebaluazio ez-jarraituan sartzeko eskubidea izango dute. Eskubide hori gauzatu ahal izateko, ikasleak ebaluazio jarraituari uko egiten diola jasotzen duen idatzi bat helarazi behar dio irakasgaiaren ardura duen irakasleari, lauhilekoaren hasierako bederatzi astean barruan (1. - 9. asteetan). Halako idatzirik bidali ezean, ebaluazio jarraiturako aurkeztutako zereginak kalifikatuko dira.

UPV/EHUko Ebaluaziorako Arautegiko 12.2 artikulua araberak, azken probaren pisua irakasgaiko kalifikazioaren % 40 edo txikiagoa bada, deialdiari uko egin nahi dioten ikasleek kasuan kasuko irakasgaiaren irakaskuntza aldia bukatu baino

gutxienez hilabete lehenago eskaria egin beharko dute deialdiari uko egiteko. Eskari hori, idatziz, irakasgaiaren ardura duen irakasleari aurkeztu beharko zaio. Horiek horrela, deialdiari uko egiten dioten ikasleek AURKEZTEKE kalifikazioa jasoko dute aktan; deialdiari uko egiten ez dioten ikasleek, azken probara aurkezten ez badira, aktan GUTXIEGI kalifikazioa izango dute (zenbakizko kalifikazioa: 0).

EBALUAZIO JARRAITUA: KALIFIKAZIO-TRESNAK ETA EHUNEKOAK:

- Galdetegiak: % 20
- Ahozko aurkezpenak: % 30
- Portfolioa: % 50

EBALUAZIO EZ-JARRAITUA:

Ebaluazio ez-jarraiturako orientazioak ezohiko deialdirako zehaztutako berberak dira.

Irakasgai hau ebaluatzeko proba eta jardueren ardatz izango dira UPV/EHUren araudian xedatzen diren printzipioak: zuzentasun akademikoa, zintzotasuna eta jarrera etikoa. Ikasleak onartzen eta gogoratzen du unibertsitatean matrikula egin zuenean zintzotasunez eta portaera etikoz jokatzeko konpromiso-adierazpena izenpetu zuela eta, haren bidez, hitzeman zuela plagiorik edo bestelako iruzur akademikorik ez zuela egingo, ezta ebaluazio probetan eta lanetan baimenduta ez dagoen objektu eta gailu teknologikorik erabiliko ere (adimen artifizialeko tresnak barne, halakorik berariaz baimenduta ez dagoenean). Betebehar horiek urratzeak ondorio akademiko eta diziplinazkoak izan ditzake, unibertsitatean indarrean dagoen araudian xedatutakoaren arabera.

EZOHIKO DEIALDIA: ORIENTAZIOAK ETA UKO EGITEA

Ezohiko deialdian, bai eta ohiko deialdiko ebaluazio ez-jarraituan, irakasgai osoa edo gehiena azterketa bidez ebaluatuko da. Azterketa ordenagailu-gelan egingo da, hizkuntza-tresna elektronikoekin lotutako gaitasunak ebaluatu ahal izateko. Ahozkoa ere ebaluatuko da. Horretarako, azterketa egunean, idatzia bukatu ondoren, 10 minutuko ahozko aurkezpena egingo dute azterketara aurkezten diren ikasleek ordenagailu-gelan bertan. Aurkezpena egiteko diapositibak prest ekarri beharko dituzte azterketa egiten duten ikasleek. Idazlanean eta ariketa praktikoetan, gogoeta eta galdera teorikoak ere sartuko dira, gaitasun guztiak ebaluatu ahal izateko.

Test motako proba: % 20
Ariketa praktikoak: % 25
Idazlana: % 25
Ahozko aurkezpena: % 30

NAHITAEZ ERABILI BEHARREKO MATERIALAK

Irakasleak emandakoa:
- apunteak,
- artikulua eta
- ikasleak berak erabili beharko dituenak lanak prestatzeko.

BIBLIOGRAFÍA

Oinarritzko bibliografia

EZEIZA, J; ALDEZABAL, I., ELORDUI, A., ZABALA, I., UGARTEBURU, I., ELOSEGI, K. (2010) PREST: Unibertsitateko komunikazio-gaitasunen eskuliburua. EHUko Euskara Errektoreordetzaren sareko argitalpena:
<http://testubiltegia.ehu.es/Prest-komunikazio-gidaliburua>
ETXEBARRIA, J.R. (2011) Zientzia eta teknikako euskara arautzeko gomendioak. EIMArek estilo-liburua
http://www.hezkuntza.ejgv.euskadi.eus/r43-573/eu/contenidos/informacion/dih/es_5490/adjuntos/estilo_liburua/Zientzia_22_06.pdf
ETXEBARRIA, J.R. (2014) Komunikazioa euskaraz ingeniartzan. Bilbo. EHU eta UEU
EUSKALTZAINDIA (2018) Euskara Batua Eskuliburua (EBE).
https://www.euskaltzaindia.eus/index.php?option=com_ebe&view=bilaketa&task=sarrera&Itemid=1161
EUSKALTZAINDIA "Euskara Batua Aholkari Zaintza" (Euskaltzaindiaren 87 araua)
https://www.euskaltzaindia.eus/dok/arauak/Araua_0087.pdf
EUSKALTZAINDIA "Adierazpena euskalkien erabileraz: irakaskuntza, komunikabideetan eta administrazioan" (Euskaltzaindiaren 137 araua) https://www.euskaltzaindia.eus/dok/arauak/Araua_0137.pdf

Gehiago sakontzeko bibliografia

ALVARADO CANTERO, L. (2017) "Géneros académicos orales: Estructura y estrategias de la exposición académica" Revista Nebrija de Lingüística Aplicada a la Enseñanza de las Lenguas.
ALCOBA, S. (1999) La oralización. Barcelona: Ariel Practicum.
BONDI, M. eta LORÉS, R. (ed.) (2014) Abstracts in Academic Discourse. Berna: Peter Lang.
CASTELLÓ, M. (koord.) (2007) Escribir y comunicarse en contextos científicos y académicos. Conocimientos y

estrategias. Crítica y fundamentos. Bartzelona: Graó.

EUSKALTZAINDIA. (1986). Maileguzko hitz berriei buruz Euskaltzaindiaren erabakiak.

EUSKALTZAINDIA (1992) Hitz elkartuen osaera eta idazkera.

GOTTI, M. (ed.) (2012) Academic Identity Traits. Berna: Peter Lang.

GUTIÉRREZ RODILLA, B.M. (2003) Aproximaciones al lenguaje de la ciencia. Burgos: Fundación Instituto Castellano y Leonés de la Lengua. Colección Beltenebros.

ITURBE, J. eta TXURRUKA, J.M. (2020) Amets bikoitza. Euskara zientifikotzen eta zientzia euskaratzen. EHUKo Argitalpen Zerbitzua.

KAUR, K., AFIDA, M.A. (2018) "Exploring the Genre of Academic Oral Presentations: A Critical Review". International Journal of Applied Linguistics & English Literature. Vol.7, 1.

UZEI. 1982. Maileguzko hitzak: ebakera eta idazkera.

VALEIRAS, J., RUIZ, M.N., JACOBS, G. (2018) "Revisiting persuasion in oral academic and professional genres: Towards a methodological framework for Multimodal Discourse Analysis of research dissemination talks". Ibérica: Revista de la Asociación Europea de Lenguas para Fines Específicos (AELFE), Nº. 35: 93-118.

VÁZQUEZ, G. (2001) El discurso académico oral. Guía didáctica para la comprensión auditiva y visual de clases magistrales. Madrid: ADIEU.

YOUNG, K.S. eta TRAVIS, H. P. (2018) Oral communication: skills, choices, and consequences. Illinois: Waveland press. (4. argitalpena, 1. argitalpena 2012).

ZUAZO, K. (2005) Euskara batua. Ezina ekinez egina. Elkar.

ZUAZO, K. (2008) Euskalkiak euskararen dialektoak. Elkar.

Aldizkariak

- Elhuyar aldizkaria: <http://aldizkaria.elhuyar.eus/>
- Ekaia. Euskal Herriko Unibertsitateko zientzia aldizkaria: <http://www.ehu.eus/ojs/index.php/ekaia>

Interneteko helbide interesgarriak

<http://www.euskaltzaindia.eus/>

<http://www.hiztegia.net/>

<http://hiztegiak.elhuyar.eus/>

http://garaterm.ehu.es/garaterm_ataria/kontsultak/

<http://ehu.eus/ehg/zehazki/>

<http://www.euskara.euskadi.eus>

<http://www.ei.ehu.es>

<http://www.elhuyar.eus/>

<https://www.ehu.eus/eu/web/euskara/ehulku-aurkibidea/>

<http://ehuskaratuak.ehu.eus/kontsulta/>

<http://www.euskara-errektoreordetza.ehu.eus/p267>-http://garaterm.ehu.es/garaterm_ataria/eu <http://31eskutik.eizie.eus/>

<http://www.erabili.eus/>

<http://gaika.ehu.eus/eu>

<https://zientziakaiera.eus/>

<http://teknopolis.elhuyar.eus/?lang=eu>

<https://ahotsak.eus/>

OHARRAK

COURSE GUIDE

2026/27

Faculty 310 - Faculty of Science and Technology**Cycle** .**Degree** GMATEM31 - Bachelor's Degree in Mathematics**Year** Fourth year**COURSE**

26676 - Numerical Solutions for Differential Equations

Credits, ECTS: 6**COURSE DESCRIPTION**

This course will cover the most important numerical methods and techniques of Numerical Analysis for approximating numerical solutions of differential equations, with a systematic approach and a particular focus on partial differential equations. The a priori properties of these algorithms, such as accuracy, stability, and convergence, will be studied.

Although there are no prerequisites, this course is related to other courses on Numerical Analysis and Differential Equations.

A B2 level of English or higher is recommended for attending courses taught in English.

COMPETENCIES/LEARNING RESULTS FOR THE SUBJECT**COMPETENCES / AIM**

M10CM01- Know the most important results and demonstrations of the course.

M10CM02- Know some of the advanced techniques of numerical calculus and translate them to algorithms.

M10CM03- Understand the mathematical concepts needed to solve differential equations from a numerical point of view.

RESULTS OF LEARNING

- Apply the knowledge of solving differential equations to the resolution of theoretical and practical problems.
- Use computer programming to implement some of the studied methods.
- Communicate ideas and results both orally and in writing.
- Acquire new knowledge and techniques through independent learning.

Theoretical and Practical Contents**THEORETICAL CONTENTS**

1. MORE ABOUT NUMERICAL METHODS FOR O.D.E.
2. NUMERICAL SOLUTION FOR EVOLUTION P.D.E. USING F.F.T.
3. FINITE DIFFERENCE METHODS FOR PARABOLIC PROBLEMS.
4. FINITE DIFFERENCE METHODS FOR HYPERBOLIC PROBLEMS.
5. FINITE ELEMENT METHOD FOR ELLIPTIC PROBLEMS.
6. SPECTRAL METHODS FOR EVOLUTIONS PROBLEMS.

PRACTICAL CONTENTS

THERE WILL BE COMPUTER ASSIGNMENTS FOR EACH CHAPTER.

TEACHING METHODS**METHODOLOGY**

The theoretical background will be presented in master classes (M), following the references provided in the bibliography and the compulsory material on eGela. These master classes will be complemented by problem-solving classes (GA), where students will apply the knowledge acquired in the theoretical classes to solve specific questions. During the seminar classes (S), students will give short presentations on selected topics.

Additionally, it is compulsory to implement computer programs in a programming language. These programming classes (GO) are designed to enable students to write simple programs to solve various problems using the methods presented.

A significant portion of the students' work must be done independently. The instructor will guide this work, encouraging students to engage in it regularly and to seek help when needed.

TYPES OF TEACHING

Types of teaching	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Hours of face-to-face teaching	30	6	9		15				
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a	45	9	13,5		22,5				

Legend: M: Lecture-based

S: Seminar

GA: Applied classroom-based groups

GL: Applied laboratory-based groups

GO: Applied computer-based groups

GCL: Applied clinical-based groups

TA: Workshop

TI: Industrial workshop

GCA: Applied fieldwork groups

Evaluation methods

- Continuous evaluation
- End-of-course evaluation

Evaluation tools and percentages of final mark

- Written test, open questions 70%
- Exercises, cases or problem sets 20%
- Oral presentation of assigned tasks, Reading 10%

ORDINARY EXAMINATION PERIOD: GUIDELINES AND OPTING OUT

GUIDELINES FOR THE CONTINUOUS ASSESSMENT SYSTEM

The grading will consider the individual work, as well as the work done with computer programming and the written exam.

Exams: 70%

Computer programming exam: 20%

Attending seminar sessions and actively participating in solving problems, discussing solutions, and exploring applications: 10%

RENOUNCE TO THE CONTINUOUS ASSESSMENT SYSTEM

The student must give written notice of withdrawal of continuous assessment system in a period of 9 weeks.

Article 8.3: In any case, students will have the right to be evaluated through the final evaluation system, regardless of whether or not they have participated in the continuous evaluation system. To do this, students must submit in writing to the teaching staff responsible for the subject the waiver of continuous assessment, for which they will have a period of 9 weeks for the quarterly subjects and 18 weeks for the annual subjects, starting from the beginning of the semester or course respectively, according to the academic calendar of the center.

Article 12.2: In the case of continuous assessment, if the weight of the final test is greater than 40% of the grade for the course, it will suffice not to take the final test so that the final grade for the course is not presented or not filed. Otherwise, if the weight of the final test is equal to or less than 40% of the grade for the course, the student may waive the call within a period that, at least, will be up to one month before the end date of the teaching period of the corresponding subject. This resignation must be submitted in writing to the faculty responsible for the subject.

GUIDELINES FOR THE END-OF-COURSE (FINAL) ASSESSMENT

In the case of students who have not passed the evaluation of the activities carried out throughout the course (computer practices, exercises, seminars) or have chosen the final evaluation modality, in the ordinary call they must also take a complementary test designed for the evaluation of the activities carried out throughout the course. This test can consist of an oral presentation, a demonstration before a computer or a written description of the practical knowledge covered in the activities planned throughout the course. The value of this test will be taken into account in the same proportion as in the continuous evaluation.

The exams and assessment activities for this course will be conducted in accordance with the principles of academic integrity, honesty, and ethical conduct established in EHU regulations. Upon enrolling at EHU, students signed the Declaration of Commitment to Ethical Behavior and Academic Integrity pledging not to engage in plagiarism, academic fraud, or use unauthorized materials or devices, including artificial intelligence tools when not expressly permitted, in exams and academic assignments. Failure to comply with these obligations may result in the academic and disciplinary consequences provided for in current university regulations.

EXTRAORDINARY EXAMINATION PERIOD: GUIDELINES AND OPTING OUT

GUIDELINES FOR THE CONTINUOUS ASSESSMENT SYSTEM

The grading will consider the individual work, as well as the work done with computer programming and the written exam.

Exams: 70%

Computer programming exam: 20%

Attending seminar sessions and actively participating in solving problems, discussing solutions, and exploring applications: 10%

RENOUNCE TO THE CONTINUOUS ASSESSMENT SYSTEM

The student must give written notice of withdrawal of continuous assessment system in a period of 9 weeks.

Article 8.3: In any case, students will have the right to be evaluated through the final evaluation system, regardless of whether or not they have participated in the continuous evaluation system. To do this, students must submit in writing to the teaching staff responsible for the subject the waiver of continuous assessment, for which they will have a period of 9 weeks for the quarterly subjects and 18 weeks for the annual subjects, starting from the beginning of the semester or course respectively, according to the academic calendar of the center.

Article 12.2: In the case of continuous assessment, if the weight of the final test is greater than 40% of the grade for the course, it will suffice not to take the final test so that the final grade for the course is not presented or not filed. Otherwise, if the weight of the final test is equal to or less than 40% of the grade for the course, the student may waive the call within a period that, at least, will be up to one month before the end date of the teaching period of the corresponding subject. This resignation must be submitted in writing to the faculty responsible for the subject.

GUIDELINES FOR THE END-OF-COURSE (FINAL) ASSESSMENT

In the case of students who have not passed the evaluation of the activities carried out throughout the course (computer practices, exercises, seminars) or have chosen the final evaluation modality, in the ordinary call they must also take a complementary test designed for the evaluation of the activities carried out throughout the course. This test can consist of an oral presentation, a demonstration before a computer or a written description of the practical knowledge covered in the activities planned throughout the course. The value of this test will be taken into account in the same proportion as in the continuous evaluation.

The exams and assessment activities for this course will be conducted in accordance with the principles of academic integrity, honesty, and ethical conduct established in EHU regulations. Upon enrolling at EHU, students signed the Declaration of Commitment to Ethical Behavior and Academic Integrity pledging not to engage in plagiarism, academic fraud, or use unauthorized materials or devices, including artificial intelligence tools when not expressly permitted, in exams and academic assignments. Failure to comply with these obligations may result in the academic and disciplinary consequences provided for in current university regulations.

MANDATORY MATERIALS

COMPULSORY MATERIAL

Theoretical material stored in the virtual class of eGela.

BIBLIOGRAPHY

Basic bibliography

- M.S. GOCKENBACH: P.D.E. Analytical and Numerical Methods, SIAM 2003.
- J.C. STRIKWERDA: Finite Difference Schemes and PDE, Wadsworth & Brooks 1989.
- L. LAPIDUS & G.F. PINDER: Numerical Solutions of PDE in science and engineering, John Wiley and Sons, 1999.
- E.H. TWIZELL: Computational Methods for P.D.E., John Wiley and Sons, 1988.
- B. FORNBERG: A Practical Guide to Pseudospectral Methods, Cambridge University Press 1998.
- A. TVEITO & R. WINTHER: Introduction to Partial Differential Equations - A Computational Approach, Springer, 1998.
- M.T. HEATH: Scientific computing: an introductory survey, Mc Graw Hill, 2002.
- V.G. GANZHA & E.V. VOROZHTSOV: Numerical solutions for Partial Differential Equations: Problem solving using Mathematica, CRC Press, 1996.
- Uri M. ASCHER: Numerical Methods for Evolutionary D. E., SIAM 2008.
- K.W. MORTON & D.F. MAYERS: Numerical Solution of PDE, Cambridge 2005.
- J.W. THOMAS: Numerical PDE. Finite Difference Methods, Springer, 1995.
- L.N. TREFETHEN: Spectral Methods in MATLAB, SIAM 2000.

Detailed bibliography

- J.D. LAMBERT, Numerical methods for O.D.E.: the initial value problems, Wiley, 1991.
- S.P. NORSETT, E. HAIRER & G. WANNER, Solving ordinary differential equations i: Nonstiff problems, Springer, 1987 (1993 second edition).
- E. HAIRER & G. WANNER, Solving ordinary differential equations ii: Stiff and Differential algebraic Problems, Springer, 1991.
- W. HUNDSDORFER & J.C. VERWER: Numerical Solutions of Time-Dependent Advection-Diffusion-Reaction Equations, Springer 2007.
- C. JOHNSON: Numerical solution of P.D.E. by the F.E.M., Cambridge University Press 1987.
- W.E. SCHIESSER: The numerical method of line: integration of Partial Differential equations, Academic Press, 1991.
- W.E. SCHIESSER & G.W. GRIFFTHS: A compendium of partial differential equation models: method of lines analysis with Matlab, Cambridge University Press, 2009.
- J.S. HESTHAVEN, S. GOTTLIEB & D. GOTTLIEB: Spectral methods for time-dependent problems, Cambridge University Press, 2007.
- A.R. MITCHELL & D.F. GRIFFTHS: The Finite Difference Method in Partial Differential Equations, John Wiley and Sons, 1980.
- A. QUARTERONI & A. VALLI: Numerical Approximation of Partial Differential Equations, Springer-Verlag, 1994.
- L. DEMKOWICZ: Computing with hp-adaptive finite elements, v.1, One and two dimensional elliptic and Maxwell problems, Chapman and Hall/CRC, 2007.

Journals

JOURNALS

Mathematical Methods in the Applied Sciences
International Journal for Numerical Methods in Engineering
International Journal for Numerical Methods in Fluids
International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering

Web sites of interest

Videos for Korteweg de Vries equation:
<https://www.youtube.com/watch?v=i7ORX97drdg>
<https://www.youtube.com/watch?v=VFM48pSLwGc>
CIMNE: International Center for Numerical Methods in Engineering:
<http://www.cimne.upc.es/>
NAG Library:
<http://www.nag.co.uk/>
IMSL Library:
<http://www.roguewave.com/products-services/imsi-numerical-libraries>
SIAM Journal of Numerical Analysis:
<http://epubs.siam.org/SINUM>

OBSERVATIONS

ASIGNATURA

26668 - Probabilidad y Procesos Estocásticos

Créditos ECTS : 6**DESCRIPCIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ASIGNATURA**

En esta asignatura se presenta la Teoría de la probabilidad en el contexto de la Teoría de la medida y los principios de la Teoría de los procesos estocásticos. De esta forma, se completa la formación básica adquirida por el estudiante en la asignatura Cálculo de probabilidades en el Segundo curso del grado al realizar un desarrollo sólido y sistemático de los principios, resultados y aplicaciones de la Teoría de la probabilidad.

Esta asignatura junto con las asignaturas Programación matemática y Análisis multivariante forman el Módulo M14 del Grado en Matemáticas denominado Ampliación de Estadística e Investigación Operativa. El objetivo de este módulo es proporcionar conocimientos y técnicas de probabilidad, estadística e investigación operativa para que el estudiante adquiera una formación básica y horizontal de estas materias que le permita comprender y aplicar tales conocimientos y habilidades en múltiples direcciones interrelacionadas. Estas tres asignaturas se pueden desarrollar de manera independiente.

Las siguientes asignaturas que se cursan en primero, segundo y tercer curso del grado son requisitos deseables a la hora de cursar la presente asignatura: Cálculo de probabilidades, Medida e integración, Análisis complejo y Cálculo Diferencial e Integral I y II.

COMPETENCIAS / RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA**COMPETENCIAS**

M14CM01.- Conocer en profundidad los conceptos y resultados del cálculo de probabilidades, la estadística y la programación matemática.

M14CM03.- Usar correctamente la terminología relacionada con los fenómenos aleatorios, el análisis de datos y la optimización de funciones lineales.

M14CM04.- Modelizar correctamente situaciones típicas relativas a fenómenos aleatorios y el tratamiento de datos.

M14CM06.- Seleccionar correctamente la técnica de análisis adecuada, en función del objetivo que se persigue en el estudio de esas situaciones.

M14CM07.- Realizar correctamente los cálculos y/o visualizaciones gráficas que requieran tales situaciones, utilizando los recursos teóricos y/o computacionales apropiados.

M14CM08.- Interpretar con sentido crítico los resultados de los análisis realizados.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Saber plantear, resolver e interpretar problemas de cálculo de probabilidades y procesos estocásticos.

CONTENIDOS TEÓRICO-PRÁCTICOS

1. ESPACIOS DE PROBABILIDAD: probabilidad y medida, espacios de probabilidad, probabilidad condicional, independencia de sucesos y de colecciones de sucesos.
2. VARIABLES ALEATORIAS: funciones medibles, distribución de probabilidad, independencia de variables aleatorias.
3. ESPERANZA: la esperanza como integral, propiedades, momentos, desigualdades principales.
4. FUNCIONES CARACTERÍSTICAS: concepto y propiedades principales, derivadas y momentos, fórmulas de inversión, identificación de funciones características.
5. CONVERGENCIA: modos de convergencia de variables aleatorias, relaciones mutuas, principales leyes fuertes y débiles de grandes números, convergencia de series aleatorias, el teorema central del límite y sus generalizaciones.
6. ESPERANZA CONDICIONAL: concepto y propiedades principales, martingalas, convergencia de martingalas.
7. PROCESOS ESTOCÁSTICOS: cadenas de Markov, otros procesos estocásticos, fundamentos de la teoría de procesos.

METODOLOGÍA

En las clases magistrales se exponen, desarrollan e ilustran los conceptos y resultados teóricos fundamentales.

En las clases de problemas se muestran los aspectos prácticos de la teoría expuesta en las clases magistrales. También se pueden utilizar para asignar tareas a realizar, mostrar las pautas para su realización y/o exponer algunos trabajos.

En los seminarios el estudiante tomará un papel más activo y deberá demostrar la destreza adquirida hasta ese momento en las competencias trabajadas. Dependiendo de la sesión, se realizarán diferentes actividades, como por ejemplo, se expondrán las tareas teóricas y/o prácticas que se le encargan, se realizarán trabajos individuales o en grupo, se resolverán problemas, ...

TIPOS DE DOCENCIA

Tipo de Docencia	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Horas de Docencia Presencial	36	6	18						
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a	54	9	27						

Leyenda: M: Magistral S: Seminario GA: P. de Aula
GL: P. Laboratorio GO: P. Ordenador GCL: P. Clínicas
TA: Taller TI: Taller Ind. GCA: P. de Campo

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

- Sistema de evaluación continua
- Sistema de evaluación final

HERRAMIENTAS Y PORCENTAJES DE CALIFICACIÓN

- Ver orientaciones 100%

CONVOCATORIA ORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

Las pruebas y actividades de evaluación de esta asignatura se desarrollarán conforme a los principios de integridad académica, honestidad y comportamiento ético establecidos en la normativa de la EHU/UPV. El estudiantado, al incorporarse a la Universidad, suscribió la Declaración de compromiso de comportamiento ético y honradez académica, comprometiéndose a no incurrir en plagio, fraude académico ni utilización de materiales o dispositivos no autorizados - incluidas herramientas de inteligencia artificial cuando no estén expresamente permitidas - en pruebas y trabajos académicos. El incumplimiento de estas obligaciones podrá conllevar las consecuencias académicas y disciplinarias previstas en la normativa universitaria vigente.

ORIENTACIONES PARA LA EVALUACIÓN CONTINUA:

La evaluación de la asignatura consistirá en exposiciones y entrega de trabajos de teoría y/o de resolución de problemas y en la realización de varias pruebas escritas. Concretamente:

Prueba escrita parcial: 25 %.

Resolución de problemas en clase, entrega y presentación de problemas propuestos y/o trabajos de teoría, participación en seminarios y tutorías: 20 %.

Prueba escrita final: 55 %.

La prueba escrita parcial y la prueba escrita final son de carácter obligatorio. En ambas es necesario obtener al menos un 4 sobre 10.

La valoración del 20 % de resolución de problemas en clase, entrega y presentación de problemas propuestos y/o trabajos de teoría, participación en seminarios y tutorías será de entrega opcional, siempre teniendo en cuenta que, si se ha elegido la evaluación continua, la no entrega/realización/presentación implicará la pérdida automática de este porcentaje en la nota.

El estudiante que no se presente a la prueba escrita final que se realiza en la fecha de la Convocatoria ordinaria será evaluado como "No presentado".

El/la estudiante que no quiera participar en la evaluación continua podrá renunciar a ella oficialmente mediante un escrito dirigido al profesorado responsable que deberá entregar en un plazo máximo de 15 semanas desde el comienzo del cuatrimestre.

ORIENTACIONES PARA LA EVALUACIÓN FINAL:

Se realizará un examen escrito en la fecha de la Convocatoria ordinaria cuya calificación será el 100 % de la nota.

CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA:

A la hora de evaluar se tendrá en cuenta:

En las pruebas escritas: la precisión y rigor en las definiciones, propiedades y razonamientos, la corrección en los resultados y en los desarrollos, la correcta utilización del lenguaje matemático y el método de razonamiento correcto (explicaciones claras, ordenadas y razonadas de los pasos seguidos y argumentos utilizados).

En las exposiciones y entrega de trabajos: la precisión y rigor en las definiciones, propiedades y razonamientos, la corrección en los resultados y en los desarrollos, el uso adecuado del lenguaje matemático tanto de forma escrita como oral y las justificaciones claras, ordenadas y razonadas de los argumentos utilizados.

CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

Las pruebas y actividades de evaluación de esta asignatura se desarrollarán conforme a los principios de integridad académica, honestidad y comportamiento ético establecidos en la normativa de la EHU/UPV. El estudiantado, al incorporarse a la Universidad, suscribió la Declaración de compromiso de comportamiento ético y honradez académica,

comprometiéndose a no incurrir en plagio, fraude académico ni utilización de materiales o dispositivos no autorizados - incluidas herramientas de inteligencia artificial cuando no estén expresamente permitidas - en pruebas y trabajos académicos. El incumplimiento de estas obligaciones podrá conllevar las consecuencias académicas y disciplinarias previstas en la normativa universitaria vigente.

Se realizará un examen escrito cuya calificación será el 100 % de la nota.

CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA:

A la hora de evaluar se tendrá en cuenta:

La precisión y rigor en las definiciones, propiedades y razonamientos, la corrección en los resultados y en los desarrollos, la correcta utilización del lenguaje matemático y el método de razonamiento correcto (explicaciones claras, ordenadas y razonadas de los pasos seguidos y argumentos utilizados).

MATERIALES DE USO OBLIGATORIO

Material y relaciones de problemas entregadas en clase y disponibles en el aula virtual de la asignatura.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía básica

G.R. GRIMMETT, D.R. STIRZAKER, Probability and Random processes, Oxford Science Publications, 1992

A.F. KARR, Probability, Springer Verlag, 1993.

S.I. RESNICK, A Probability Path, Birkhäuser, 1999.

Bibliografía de profundización

P. BILLINGSLEY, Probability and Measure, Wiley, New York, 1986.

J. NEVEU, Martingales a temps discret, Dunod, 1972.

A. N. SHIRYAYEV, Probability, Springer-Verlag, New York, 1996.

Revistas

Direcciones de internet de interés

Aula virtual de apoyo a la docencia presencial: <https://egela.ehu.eus/>

Página web de probabilidad: <https://www.stat.berkeley.edu/~jpopen/probweb/>

OBSERVACIONES

Centro 310 - Facultad de Ciencia y Tecnología**Ciclo** Indiferente**Plan** GMATEM31 - Grado en Matemáticas**Curso** 4º curso**ASIGNATURA**

26670 - Programación Matemática

Créditos ECTS : 6**DESCRIPCIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ASIGNATURA**

La Programación Matemática es un área de la Investigación Operativa en la que se aplican herramientas matemáticas de optimización para encontrar la mejor solución que, satisfaciendo una serie de limitaciones, optimice un cierto objetivo. Esta asignatura tiene como objetivo el desarrollo de las bases teóricas y algoritmos para resolver problemas de optimización lineales con variables continuas y enteras.

Se estudiarán los siguientes problemas clásicos en la literatura: el problema de la mochila, de la ruta mínima, del agente viajero, del transporte, de asignación, de control inventarios, del flujo máximo, de ruta de vehículos, de localización y el de secuenciación de tareas, entre otros.

Debido a que este tipo de problemas bajo situaciones realistas son de grandes dimensiones (por la magnitud del número de variables y restricciones) o de complejidad computacional elevada, se hace necesario para resolverlos el conocimiento de técnicas de computación, así como conocimiento del software específico de optimización disponible para su resolución. También en esta asignatura se estudiarán los principios del software necesario para su resolución automatizada.

Este tipo de problemas se presentan en campos tan diversos como logística, finanzas, energía, producción, sanitario o emergencias humanitarias.

Constituye un módulo con las asignaturas Análisis Multivariante y Probabilidad y Procesos Estocásticos de cuarto de grado en matemáticas. Con este módulo se pretende que cada estudiante adquiera una formación básica y horizontal de estas materias que le permitan comprender y aplicar tales conocimientos y habilidades en múltiples direcciones interrelacionadas

COMPETENCIAS / RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA**COMPETENCIAS ESPECÍFICAS**

M03CM01 - Conocer en profundidad los conceptos y resultados del cálculo de probabilidades, la estadística y la programación matemática.

M14CM02 - Estar familiarizado con los principales algoritmos de programación matemática.

M03CM03 - Usar correctamente la terminología relacionada con los fenómenos aleatorios, el análisis de datos y la optimización de funciones lineales.

M03CM04 - Modelizar correctamente situaciones típicas relativas a fenómenos aleatorios y el tratamiento de datos.

M03CM05 - Estar familiarizado con recursos informáticos apropiados para el tratamiento de las situaciones mencionadas y manejar correctamente algunos de ellos.

M03CM06 - Seleccionar correctamente la técnica de análisis adecuada, en función del objetivo que se persigue en el estudio de esas situaciones.

M03CM07 - Realizar correctamente los cálculos y/o visualizaciones gráficas que requieran tales situaciones, utilizando los recursos teóricos y/o computacionales apropiados.

M03CM08 - Interpretar con sentido crítico los resultados de los análisis realizados.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Conocer los principales conceptos, resultados teóricos, técnicas y algoritmos de resolución de la programación matemática, así como su aplicación a casos representativos.

Saber modelizar problemas utilizando técnicas de optimización lineal, entera y entera-mixta. Saber elegir razonadamente la técnica concreta más apropiada.

Resolver casos prácticos utilizando los recursos computacionales y software de optimización apropiados. Conocimiento y manejo de técnicas computacionales, funciones de software de optimización (como GUROBI, CPLEX, COIN-OR) y lenguajes de programación (como Python, C++) para la resolución de problemas de optimización lineal, entera y entera-mixta.

CONTENIDOS TEÓRICO-PRÁCTICOS**CONTENIDO TEÓRICO****1. PROGRAMACIÓN LINEAL**

1.1 Fundamentos de la Programación lineal 1.1.1 Método geométrico. 1.1.2. Criterios de Dantzig. 1.1.3. Método de la Big M.

1.2 Métodos Simplex primales. 1.2.1 Método Simplex primal revisado. 1.2.2 Método simplex primal por Tablas. 1.2.3 Primera fase de los métodos simplex primales. 1.2.4 Método Simplex primal para variables acotadas.

1.3 Problemas de redes. 1.3.1 Resultados de teoría de grafos. 1.3.2 Método Simplex para redes.

2. DUALIDAD. ANÁLISIS DE LA SENSIBILIDAD Y POSTOPTIMALIDAD

2.1 Introducción y resultados de dualidad. 2.1.1 Teoremas fundamentales de dualidad. 2.1.2. Dualidad y relaciones con el simplex primal. 2.1.3. Multiplicadores del simplex. 2.1.4. Teoremas de la holgura complementaria. 2.1.5. Interpretación

económica de la dualidad.

2.2 Métodos Simplex duales. 2.2.1 Método Simplex dual. 2.2.2. Método simplex dual para variables acotadas.

2.3 Sensibilidad y postoptimalidad.

3. PROGRAMACIÓN ENTERA

3.1 Introducción.

3.2 Algunos problemas representativos. 3.2.1 El problema de la mochila 0-1 (knapsack Problem, KP). 3.2.2 El problema del costo fijo. 3.2.3 Inventarios. 3.2.4. Un problema entero particular.

3.3 Métodos de resolución. 3.3.1 Métodos de cortes de Gomory. 3.3.2 Métodos de bifurcación y acotación. 3.3.3. Métodos de bifurcación y cortes

3.4 Programación entera 0-1. 3.4.1 Algunas técnicas de preprocesamiento.

3.5 Problemas enteros más fuertes.

4. ALGORITMOS Y CASOS PARTICULARES

4.1 Problema de la ruta mínima. Algoritmo de Dijkstra.

4.2 Problema del transporte. 4.2.1 Algoritmos para la búsqueda de una solución inicial básica factible. 4.2.2. Algoritmo del transporte. 4.2.3. Método general de búsqueda de una solución inicial 4.2.4. Problema del transbordo.

4.3 El problema de asignación. Algoritmo Húngaro.

4.4 Problema del flujo máximo. Algoritmo de Ford Fulkerson.

5. MODELIZACIONES E IMPLEMENTACIONES

5.1 El problema del viajero. (Travelling Salesperson Problem, TSP). 5.1.1. Otra formulación.

5.2 El problema de las rutas de vehículos (Vehicle Routing Problem, VRP).

5.3 Problemas de localización. 5.3.1. Problema de la p-mediana. 5.3.2 El problema de localización de instalaciones capacitado. 5.3.3. Casos particulares de localización.

5.4 Problema de secuenciación de tareas (Scheduling and Sequencing).

6. SOFTWARE DE OPTIMIZACIÓN

6.1 Introducción.

6.2 COIN-OR 1.8.0 (libre disposición) y C++. 6.2.1. Descripción de la aplicación y modelo.

6.3 CPLEX 12.6.1 (licencia académica).

6.4 LINDO y LINGO en Windows (libre con restricciones de tamaño). 6.4. LINDO y LINGO bajo Windows. 6.4.1 LINDO.

6.4.2 LINGO

CONTENIDO PRÁCTICO

El alumnado realizará prácticas de ordenador relativas a los temas anteriormente expuestos

METODOLOGÍA

Teoría (M): El contenido teórico se expondrá en clases magistrales siguiendo las referencias básicas que figuran en la Bibliografía y el material de uso obligatorio. Se trabajarán métodos generales y se desarrollarán ejemplos. En la plataforma eGela habrá material de apoyo referente al desarrollo de la asignatura.

Problemas (GA): Se proporcionarán relaciones de problemas para resolver ejercicios en los que se aplicarán los conocimientos adquiridos en las clases teóricas. En las clases de problemas se resolverán algunos de los mismos. Al finalizar cada tema se proporcionarán las soluciones de los ejercicios.

Seminarios (S): En los seminarios se desarrollarán casos prácticos y ejemplos representativos del contenido de la asignatura, que generalmente habrán sido facilitados con anterioridad al alumnado para trabajarlos y motiven la posterior reflexión y discusión en la sesión dedicada a ello. A lo largo del curso se realizarán una o más tareas evaluables, individualmente o en equipo, cada una de las cuales se presentará en las sesiones de seminario. Los seminarios se realizarán en grupos (S1, S2), dependiendo del número de estudiantes matriculados.

Prácticas (GO): Se realizarán prácticas de ordenador orientadas a la consecución de las competencias de la asignatura. Para ello, se utilizará software de optimización (como GUROBI, CPLEX, COIN-OR) en las aulas de informática de la Facultad de Ciencia y Tecnología, siempre que la situación socio-sanitaria lo permita. Son un total de 12 horas que se distribuirán en sesiones de dos horas. Se realizarán una o más tareas evaluables de casos prácticos, individualmente o en equipo, cada una de las cuales se abordará en las sesiones de prácticas. Las prácticas se realizarán en grupos (GO1, GO2), dependiendo del número de estudiantes matriculados.

TIPOS DE DOCENCIA

Tipo de Docencia	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Horas de Docencia Presencial	30	6	12		12				
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a	45	9	18		18				

Leyenda: M: Magistral S: Seminario GA: P. de Aula
GL: P. Laboratorio GO: P. Ordenador GCL: P. Clínicas
TA: Taller TI: Taller Ind. GCA: P. de Campo

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

- Sistema de evaluación continua
- Sistema de evaluación final

HERRAMIENTAS Y PORCENTAJES DE CALIFICACIÓN

- Prueba escrita a desarrollar 70%
- Realización de prácticas (ejercicios, casos o problemas) 10%
- Prácticas de ordenador (pruebas o informes) 20%

CONVOCATORIA ORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

ORIENTACIONES PARA LA EVALUACIÓN CONTINUA

- Examen escrito 70%
- Prácticas de ordenador (pruebas o informes) 20%
- Realización de prácticas (ejercicios, problemas), trabajos individuales o en equipo y seminarios 10%.

La prueba escrita y las prácticas de ordenador serán de carácter obligatorio. Las tareas de seminarios se llevarán a cabo individualmente o en equipo y serán de carácter opcional. La no entrega de las tareas de seminarios implicará la pérdida del porcentaje del 10% de la nota.

Para aprobar la asignatura es necesario obtener al menos un 4 (sobre 10) en la prueba escrita y un 4 (sobre 10) en las tareas de prácticas de ordenador. Además, la nota final debe ser al menos un 5 (sobre 10).

El hecho de no haber superado las actividades evaluables complementarias al examen escrito no exime al alumnado de demostrar la capacidad y conocimientos para realizar esas actividades, con lo que se propondrán unas pruebas que garanticen la evaluación de dichos conocimientos y computen para la nota final en la misma proporción que en la convocatoria ordinaria con evaluación continua. Las pruebas pueden ser una exposición oral, una demostración ante un ordenador o una descripción escrita de los conocimientos prácticos abordados en las actividades complementarias.

Aunque las actividades realizadas durante el curso hayan sido evaluadas, como el peso de la prueba final (examen escrito) es superior al 40% de la calificación de la asignatura, bastará con no presentarse a dicha prueba final para que la calificación final de la asignatura sea no presentado o no presentada.

RENUNCIA A LA EVALUACIÓN CONTINUA

En todo caso el alumnado tendrá derecho a ser evaluado mediante el sistema de evaluación final, independientemente de que haya participado o no en el sistema de evaluación continua. Para ello, el alumnado deberá presentar por escrito al profesorado responsable de la asignatura la renuncia a la evaluación continua, para lo que dispondrán de un plazo de 9 semanas, a contar desde el comienzo del cuatrimestre, de acuerdo con el calendario académico del centro.

ORIENTACIONES PARA LA EVALUACIÓN FINAL

- Examen escrito 80%
- Prácticas de ordenador (pruebas o informes) 20%

El hecho de no haber realizado las actividades evaluables complementarias al examen escrito en la evaluación continua no exime al alumnado de demostrar la capacidad y conocimientos para realizar esas actividades. Se propondrán unas pruebas que garanticen la evaluación de los conocimientos y computen para la nota final en la misma proporción que en la convocatoria ordinaria con evaluación continua. Las pruebas pueden ser una exposición oral, una demostración ante un ordenador o una descripción escrita de los conocimientos prácticos abordados en las actividades complementarias.

La no presentación al examen escrito supondrá la renuncia automática a la convocatoria.

Durante el desarrollo de las pruebas de evaluación el material permitido será indicado por el equipo docente de la asignatura.

Las pruebas y actividades de evaluación de esta asignatura se desarrollarán conforme a los principios de integridad académica, honestidad y comportamiento ético establecidos en la normativa de la EHU. El estudiantado, al incorporarse a la Universidad, suscribió la Declaración de compromiso de comportamiento ético y honradez académica,

comprometiéndose a no incurrir en plagio, fraude académico ni utilización de materiales o dispositivos no autorizados, incluidas herramientas de inteligencia artificial cuando no estén expresamente permitidas, en pruebas y trabajos académicos. El incumplimiento de estas obligaciones podrá conllevar las consecuencias académicas y disciplinarias previstas en la normativa universitaria vigente.

CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

ORIENTACIONES PARA LA EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA:

- Examen escrito 80%
- Prácticas de ordenador (pruebas o informes) 20%

Si la nota de prácticas de ordenador de la convocatoria ordinaria es al menos un 4 (sobre 10) no es necesario volver a evaluarse de prácticas de ordenador.

El hecho de no haber superado las actividades evaluables complementarias al examen escrito no exime al alumnado de demostrar la capacidad y conocimientos para realizar esas actividades, con lo que se propondrán unas pruebas que garanticen la evaluación de dichos conocimientos y computen para la nota final en la misma proporción que en la convocatoria ordinaria con evaluación continua. La prueba pueden ser una exposición oral, una demostración ante un ordenador o una descripción escrita de los conocimientos prácticos abordados en las actividades complementarias.

La no presentación al examen escrito supondrá la renuncia automática a la convocatoria.

Durante el desarrollo de las pruebas de evaluación el material permitido será indicado por el equipo docente de la asignatura.

Las pruebas y actividades de evaluación de esta asignatura se desarrollarán conforme a los principios de integridad académica, honestidad y comportamiento ético establecidos en la normativa de la EHU. El estudiantado, al incorporarse a la Universidad, suscribió la Declaración de compromiso de comportamiento ético y honradez académica, comprometiéndose a no incurrir en plagio, fraude académico ni utilización de materiales o dispositivos no autorizados, incluidas herramientas de inteligencia artificial cuando no estén expresamente permitidas, en pruebas y trabajos académicos. El incumplimiento de estas obligaciones podrá conllevar las consecuencias académicas y disciplinarias previstas en la normativa universitaria vigente.

MATERIALES DE USO OBLIGATORIO

Al comienzo de curso se publicará en eGela una guía para el estudiante con la programación docente del curso, especificando el calendario y aula asignada de las clases magistrales (M), Seminarios(S), prácticas de aula (GA) y prácticas de ordenador (GO). Horarios de tutorías, fechas de exámenes, fechas de entrega de las tareas programadas de las prácticas de ordenador y trabajos de seminarios.

Se pondrá a disposición del alumnado en la plataforma virtual eGela, los apuntes de la asignatura e información sobre los lenguajes de programación a utilizar (como python, C++) y el software de optimización (como GUROBI, CPLEX, COIN-OR). También se publicará la relación de ejercicios y problemas para resolver en las prácticas de aula, casos prácticos para resolver en las prácticas de ordenador y seminarios a realizar durante el curso.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía básica

FREDERICH S. HILLIER Y GERARD J. LIEBERMAN. Introducción a la investigación de operaciones.

Editorial McGraw-Hill. Séptima Edición (2001). Novena edición 2010.

FREDERICH S. HILLIER Y MARK. S. HILLIER. Introduction to Management Science: A modeling and case studies approach with Spread sheets. Editorial McGraw-Hill (2011).

G. NEMHAUSER, L. WOLSEY. Integer and combinatorial optimization. Editorial Wiley (1999).

Bibliografía de profundización

GÉRARD CORNUÉJOLS. Revival of the Gomory cuts in the 1990s. Annals of Operations Research (2007),149,1,63-66.
Y. POCHET, L.A. WOLSEY. Production planning by mixed integer programming. Springer Series in Operations research and Financial Engineering (2006).

Revistas

Computers & Operations Research, <http://www.sciencedirect.com/science/journal/03050548>

TOP, <http://www.springer.com/business+%26+management/operations+research+journal/11750>

Journal of Global Optimization, <http://link.springer.com/journal/10898>

European Journal of Operational Research, <http://www.journals.elsevier.com/european-journal-of-operational-research>

Operations Research Letters, <http://www.journals.elsevier.com/operations-research-letters>

Operations Research, <http://www.jstor.org/action/showPublication?journalCode=operrese>

Computational and management science,

<http://www.springer.com/business+%26+management/operations+research+journal/10287>

Direcciones de internet de interés

Python <https://www.python.org/downloads/>

Visual Studio Community C++ 2017, software libre <https://www.visualstudio.com/products/visual-studio-express-vs>

Tutorial de C++ <http://www.cplusplus.com/doc/tutorial/>

Gurobi <https://www.gurobi.com/downloads/>

CPLEX <http://www-01.ibm.com/software/integration/optimization/cplex-optimizer/>, Licencia académica

COIN-OR <http://www.coin-or.org>, código abierto

Lingo <http://www.lindo.com/>, versión de prueba (demo)

OBSERVACIONES

Centro 310 - Facultad de Ciencia y Tecnología

Ciclo Indiferente

Plan GMATEM31 - Grado en Matemáticas

Curso 4º curso

ASIGNATURA

26671 - Teoría de Números

Créditos ECTS : 6

DESCRIPCIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ASIGNATURA

El curso se centra en una selección de tópicos de las teorías analítica y algebraica de números. De los cuatro grandes temas descritos más abajo en el apartado CONTENIDOS-TEÓRICO PRÁCTICOS, se seleccionará cada año uno de ellos, dependiendo de las circunstancias, y sobre él versará la asignatura. Por el momento, se tratará el tema 2, "Cuerpos de números y anillos de enteros".

Más concretamente, el objetivo de la asignatura será entender cómo puede extenderse el "Teorema fundamental de la aritmética" (que afirma que todo número natural mayor que 1 se escribe de modo único como producto de números primos) a anillos más generales que el anillo de los enteros ordinarios, que son subanillos de los números complejos. Estos anillos son los llamados anillos de enteros de los cuerpos de números, es decir, de las extensiones finitas del cuerpo de los números racionales.

Se empieza desde cero, estableciendo la propiedad de factorización única en los enteros ordinarios. A continuación se estudian las propiedades básicas de los anillos principales y factoriales. Se pasa entonces a estudiar los anillos de enteros de los cuerpos de números, los anillos de Dedekind y el teorema de factorización única de ideales en estos anillos. Finalmente, se hace un estudio más detallado de los cuerpos cuadráticos y se aplican las propiedades estudiadas al estudio de representaciones de enteros mediante formas cuadráticas, a la resolución de ecuaciones diofánticas y otros temas afines.

El ejemplo clásico que sirve como modelo a lo que se estudia en el curso es el teorema de Fermat sobre suma de cuadrados: un número primo impar es suma de dos cuadrados de números enteros si y sólo si deja resto 1 al ser dividido por 4. De las varias demostraciones que existen de este teorema, en el curso interesa destacar la que se deduce sencillamente del hecho de que el llamado anillo de los enteros de Gauss es un anillo factorial.

Como requisitos para seguir el curso, son deseables cierta familiaridad con el manejo de congruencias y con los conceptos básicos de la teoría de los anillos conmutativos (homomorfismos, anillos cociente, ideales, etc). Para hacerse una idea de los temas, métodos e ideas del contenido del curso y del nivel con el que tratarán en la clase, se recomienda hojear las primeras lecciones del libro de Stewart y Tall mencionado en la bibliografía.

COMPETENCIAS / RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA**COMPETENCIAS ESPECÍFICAS**

- CM01 - Aplicar los principales métodos para el estudio de las funciones aritméticas.
- CM02 - Relacionar distintos problemas de la teoría de números con las funciones aritméticas.
- CM03 - Conocer el problema de la factorización en los anillos de enteros de cuerpos de números.
- CM04 - Conocer las curvas elípticas, la operación entre sus puntos y algunas de sus propiedades y aplicaciones.
- CM05 - Saber cuáles son los problemas principales de la teoría aditiva de números y su relación con otros problemas.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

- Saber deducir las leyes de descomposición de primos en extensiones abelianas del cuerpo de los números racionales.
- Saber aplicar los métodos de la teoría algebraica de números en la resolución de ecuaciones diofánticas.
- Ser capaz de reconocer los problemas de teoría de números cuya solución depende de una curva elíptica.
- Saber calcular el rango y la torsión del grupo de puntos racionales de una curva elíptica en casos sencillos.
- Saber hallar estimaciones para diversas medidas de números algebraicos: medias y medidas de Mahler.

CONTENIDOS TEÓRICO-PRÁCTICOS

1. FUNCIONES ARITMÉTICAS: Productos de Dirichlet y medias. Distribución de números primos: Teorema de Chebyshev. Teorema del número primo. Demostración elemental. Demostración analítica. Caracteres y Teorema de Dirichlet.
2. CUERPOS DE NÚMEROS Y ANILLOS DE ENTEROS: Extensiones enteras. Anillos de Dedekind. Factorización única de ideales. Leyes de descomposición de primos.
3. CURVAS ELÍPTICAS: La operación de grupo sobre un cúbica. Puntos racionales. Puntos de torsión. Teorema de Mordell-Weil. Cálculo del rango.
4. TEORÍA ADITIVA DE NÚMEROS: Sumas de cuadrados. Particiones. Funciones de Jacobi. El problema de Waring.

METODOLOGÍA

El contenido teórico se expondrá en clases magistrales siguiendo referencias básicas que figuran en la Bibliografía y el material de uso obligatorio. Estas clases magistrales se complementarán con clases de problemas (prácticas de aula) en los que se propondrá a los alumnos resolver cuestiones en las que se aplicarán los conocimientos adquiridos en las clases teóricas. En los seminarios se desarrollarán cuestiones y ejemplos representativos del contenido de la asignatura, que generalmente habrán sido facilitados con anterioridad a los alumnos para trabajarlos y motiven la posterior reflexión y discusión en la sesión dedicada a ello.

Se propondrán a los estudiantes trabajos individuales sobre teoría y problemas, para cuya realización y exposición dispondrán del apoyo del profesor en seminarios periódicos.

Parte importante del trabajo del alumno es de carácter personal. Los profesores orientarán en todo momento ese trabajo y estimularán que se haga con regularidad y dedicación. Se animará igualmente a que utilicen las tutorías personales donde pueden aclarar cualquier duda o dificultad que se les presente en las asignaturas.

TIPOS DE DOCENCIA

Tipo de Docencia	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Horas de Docencia Presencial	36	6	18						
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a	54	9	27						

Legenda: M: Magistral S: Seminario GA: P. de Aula
GL: P. Laboratorio GO: P. Ordenador GCL: P. Clínicas
TA: Taller TI: Taller Ind. GCA: P. de Campo

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

- Sistema de evaluación final

HERRAMIENTAS Y PORCENTAJES DE CALIFICACIÓN

- ver ORIENTACIONES Y RENUNCIA 100%

CONVOCATORIA ORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

Las pruebas y actividades de evaluación de esta asignatura se desarrollarán conforme a los principios de integridad académica, honestidad y comportamiento ético establecidos en la normativa de la EHU/UPV. El estudiantado, al incorporarse a la Universidad, suscribió la Declaración de compromiso de comportamiento ético y honradez académica, comprometiéndose a no incurrir en plagio, fraude académico ni utilización de materiales o dispositivos no autorizados ¿incluidas herramientas de inteligencia artificial cuando no estén expresamente permitidas¿ en pruebas y trabajos académicos. El incumplimiento de estas obligaciones podrá conllevar las consecuencias académicas y disciplinarias previstas en la normativa universitaria vigente.

Un 20 % por la participación activa en los Seminarios y realización de tareas en la pizarra y por los resultados obtenidos en los trabajos entregados por escrito (lista de problemas resueltos, etc.) a lo largo del curso.

Y el 80% restante, por los resultados obtenidos en un examen final de problemas de la asignatura, en el que exigirá una nota mínima de 4 puntos sobre 10.

CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

Las pruebas y actividades de evaluación de esta asignatura se desarrollarán conforme a los principios de integridad académica, honestidad y comportamiento ético establecidos en la normativa de la EHU/UPV. El estudiantado, al incorporarse a la Universidad, suscribió la Declaración de compromiso de comportamiento ético y honradez académica, comprometiéndose a no incurrir en plagio, fraude académico ni utilización de materiales o dispositivos no autorizados ¿incluidas herramientas de inteligencia artificial cuando no estén expresamente permitidas¿ en pruebas y trabajos académicos. El incumplimiento de estas obligaciones podrá conllevar las consecuencias académicas y disciplinarias previstas en la normativa universitaria vigente.

Se conservará, de la convocatoria ordinaria, un 20% por la participación activa en los Seminarios y realización de tareas en la pizarra y por los resultados obtenidos en los trabajos entregados por escrito (lista de problemas resueltos, etc.) a lo largo del curso.

Y el 80% restante, por los resultados obtenidos en un examen final de problemas de la asignatura.

La calificación del alumnado que no haya superado previamente los apartados de Seminarios y/o trabajos escritos, dependerá únicamente del examen escrito de la convocatoria extraordinaria.

MATERIALES DE USO OBLIGATORIO

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía básica

- P. SAMUEL, Théorie Algébrique des Nombres, Hermann, Paris, 1967.
I. STEWART, D. TALL, Algebraic Number Theory, Chapman&Hall, 1987.

Bibliografía de profundización

- S. LANG, Algebraic Number Theory, 1994.
R. LONG, Algebraic Number Theory, Marcel Dekker, 1977.
D.A. MARCUS, Number Fields, Springer, 1977.
T. ONO, An Introduction to Algebraic Number Theory, Plenum, 1990.

Revistas

Direcciones de internet de interés

OBSERVACIONES

Centro 310 - Facultad de Ciencia y Tecnología**Ciclo** Indiferente**Plan** GMATEM31 - Grado en Matemáticas**Curso** 4º curso**ASIGNATURA**

28117 - Trabajo Fin de Grado

Créditos ECTS : 12**DESCRIPCIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ASIGNATURA**

El objetivo fundamental del trabajo es que el/la estudiante demuestre su madurez a la hora de abordar un tema propio, teórico o práctico, de la titulación de manera independiente y de modo que refuerce aquellas competencias que capacitan para el ejercicio profesional.

COMPETENCIAS / RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

El TFG deberá estar orientado al desarrollo de las siguientes competencias asociadas a la titulación del Grado en Matemáticas:

- * Adquirir conocimientos en el campo de las matemáticas con alto grado de autonomía.
- * Ser capaz de manejar herramientas de búsqueda bibliográfica en matemáticas.
- * Comunicar de forma efectiva, tanto de forma oral como por escrito, los conocimientos adquiridos.
- * Relacionar el TFG con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

CONTENIDOS TEÓRICO-PRÁCTICOS

Ver Normativa Trabajo Fin de Grado en Matemáticas

<https://www.ehu.eus/es/web/zientzia-teknologia-fakultatea/trabajos-fin-grado>

METODOLOGÍA

El TFG comprenderá las siguientes actividades:

- 1) Tutorías individualizadas. Teniendo en cuenta en la medida de las posibilidades las preferencias del/de la estudiante, el director/a indicará cómo se planifican las tutorías en cuanto a su duración, frecuencia y distribución a lo largo del calendario de elaboración del trabajo.
- 2) Trabajo autónomo del/de la estudiante guiado por su director/a en las fases de desarrollo, entrega, exposición y defensa del TFG.
- 3) Seminarios de carácter voluntario. Cada curso la Comisión de Estudios de Grado (CEG) de Matemáticas podrá ofertar seminarios de interés general para el alumnado que se encuentre realizando el TFG. Aunque participar en ellos no es un requisito formal para completar el TFG sí se considera altamente recomendable. En particular, y siempre que la CEG cuente con capacidad para ello, se organizará a comienzos de curso un seminario sobre cómo elaborar un TFG en el Grado en Matemáticas (estilo de redacción de textos matemáticos, nociones básicas de LaTeX, realización de presentaciones de trabajos de matemáticas...)

TIPOS DE DOCENCIA

Tipo de Docencia	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Horas de Docencia Presencial									
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a									

Leyenda: M: Magistral

S: Seminario

GA: P. de Aula

GL: P. Laboratorio

GO: P. Ordenador

GCL: P. Clínicas

TA: Taller

TI: Taller Ind.

GCA: P. de Campo

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

- Sistema de evaluación final

HERRAMIENTAS Y PORCENTAJES DE CALIFICACIÓN

- Defensa oral 35%
- Memoria 65%

CONVOCATORIA ORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

- * Memoria presentada: 65%
- * Defensa: 35%

Para más detalle sobre los criterios de evaluación del TFG consultar Normativa Trabajo fin de Grado en Matemáticas

<https://www.ehu.eus/es/web/zientzia-teknologia-fakultatea/trabajos-fin-grado>

CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

- * Memoria presentada: 65%
- * Defensa: 35%

Para más detalle sobre los criterios de evaluación del TFG consultar Normativa Trabajo fin de Grado en Matemáticas

<https://www.ehu.eus/es/web/zientzia-teknologia-fakultatea/trabajos-fin-grado>

MATERIALES DE USO OBLIGATORIO

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía básica

1. Normativa Trabajo Fin de Grado en Matemáticas
2. Normativa de la ZTF-FCT sobre Trabajos Fin de Grado
3. Normativa de la UPV/EHU sobre Trabajos Fin de Grado

Bibliografía de profundización

Revistas

Direcciones de internet de interés

<https://www.ehu.eus/es/web/zientzia-teknologia-fakultatea/trabajos-fin-grado>

OBSERVACIONES

COURSE GUIDE

2026/27

Faculty 310 - Faculty of Science and Technology**Cycle** .**Degree** GMATEM31 - Bachelor's Degree in Mathematics**Year** Fourth year**COURSE**

28117 - Trabajo Fin de Grado

Credits, ECTS: 12**COURSE DESCRIPTION**

The fundamental objective of the Final Year Project (FYP) is for the students to demonstrate their maturity when addressing their own subject (be it either theoretical or practical) of the degree independently, so that it reinforces the skills for professional practice.

COMPETENCIES/LEARNING RESULTS FOR THE SUBJECT

The FYP is associated with the achievement of the competences that are included in the Mathematics Degree as follows:

- * To acquire knowledge in the field of Mathematics with a high degree of autonomy.
- * To be able to handle bibliographic search tools in Mathematics.
- * To communicate effectively, both orally and in writing, the knowledge acquired.
- * To relate the FYP to Sustainable Development Goals (SDG).

Theoretical and Practical Contents

See the Regulations for the Final Year Project in Mathematics

<https://www.ehu.eus/en/web/zientzia-teknologia-fakultatea/trabajos-fin-grado>

TEACHING METHODS

The FYP shall comprise the following activities:

- 1) Individualized tutorials. Considering as far as possible the preferences of the student, the director will indicate how the tutorials are planned in terms of their duration, frequency, and distribution throughout the project preparation calendar.
- 2) Autonomous work of the student guided by his/her director in the phases of development, delivery, exposure, and defense of the FYP.
- 3) Voluntary seminars. Each course, the Degree Studies Commission (CEG) of Mathematics may offer seminars of general interest for students who are doing the FYP. Although participating in them is not a formal requirement to complete the FYP, it is highly recommended. In particular, and provided that the CEG has the capacity to do so, a seminar will be organized at the beginning of the course on how to prepare a FYP in the Degree in Mathematics (style of writing mathematical texts, basic notions of LaTeX, carrying out presentations of mathematical works...)

TYPES OF TEACHING

Types of teaching	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Hours of face-to-face teaching									
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a									

Legend: M: Lecture-based

S: Seminar

GA: Applied classroom-based groups

GL: Applied laboratory-based groups

GO: Applied computer-based groups

GCL: Applied clinical-based groups

TA: Workshop

TI: Industrial workshop

GCA: Applied fieldwork groups

Evaluation methods

- End-of-course evaluation

Evaluation tools and percentages of final mark

- Oral defence 35%
- Memoria 65%

ORDINARY EXAMINATION PERIOD: GUIDELINES AND OPTING OUT

- ¿ Submitted written report: 65%
- ¿ Defense: 35%

For more details on the evaluation criteria of the FYP, see Regulations for the Final Year Project in Mathematics
<https://www.ehu.eus/es/web/zientzia-teknologia-fakultatea/trabajos-fin-grado>

EXTRAORDINARY EXAMINATION PERIOD: GUIDELINES AND OPTING OUT

- ¿ Submitted written report: 65%
- ¿ Defense: 35%

For more details on the evaluation criteria of the FYP, see Regulations for the Final Year Project in Mathematics
<https://www.ehu.eus/es/web/zientzia-teknologia-fakultatea/trabajos-fin-grado>

MANDATORY MATERIALS

BIBLIOGRAPHY

Basic bibliography

1. Normativa Trabajo Fin de Grado en Matemáticas
2. Normativa de la ZTF-FCT sobre Trabajos Fin de Grado
3. Normativa de la UPV/EHU sobre Trabajos Fin de Grado

Detailed bibliography

Journals

Web sites of interest

<https://www.ehu.eus/es/web/zientzia-teknologia-fakultatea/trabajos-fin-grado>

OBSERVATIONS

ASIGNATURA

26672 - Variedades Diferenciables

Créditos ECTS : 6**DESCRIPCIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ASIGNATURA**

Esta asignatura sólo se imparte en castellano.

Se generaliza el cálculo diferencial e integral, conocido en los espacios euclídeos, a ciertos espacios topológicos denominados variedades diferenciables. Estos espacios localmente se pueden identificar con abiertos de un espacio euclídeo por medio de sistemas de coordenadas locales adecuados. Por tanto, la geometría diferencial local de variedades se reduce al análisis clásico, mientras que los conceptos y relaciones, que no dependen del sistema de coordenadas elegido, son los propios de la geometría diferencial.

Se introducirá el concepto de variedad diferenciable y el de aplicación diferenciable, y se aprenderá a trabajar con coordenadas. Se considerará el espacio tangente, los campos de vectores y las formas diferenciales sobre variedades. Se definirá la diferencial exterior de formas diferenciales y se estudiará el cálculo integral de formas en variedades diferenciables, probando una versión general del teorema de Stokes y mostrando algunas aplicaciones y casos particulares clásicos como el teorema de Green, y el teorema de Stokes del cálculo.

COMPETENCIAS / RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA**COMPETENCIAS:**

M12CM01- Comprender los conceptos, herramientas y metodología propios de la geometría de variedades diferenciables.

M12CM02- Conocer el cálculo diferencial e integral en variedades y el cálculo tensorial.

M12CM03- Conocer algunos importantes resultados básicos de la geometría de variedades diferenciables.

M12CM04- Utilizar el cálculo tensorial y exterior, tanto en forma intrínseca como en coordenadas. Aplicar los métodos de cálculo propios de la geometría diferencial.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE:

1. Utilizar el cálculo tensorial y exterior, tanto en forma intrínseca como en coordenadas.
2. Aplicar los métodos de cálculo propios de la geometría diferencial.

CONTENIDOS TEÓRICO-PRÁCTICOS

1. **VARIEDADES DIFERENCIABLES:** Concepto de variedad diferenciable. Ejemplos. Topología de una variedad. Aplicaciones diferenciables entre variedades. Difeomorfismos. Espacios tangente y cotangente. La diferencial de una aplicación diferenciable. Regla de la cadena. Clasificación de aplicaciones diferenciables según el rango de su diferencial.
2. **CAMPOS DE VECTORES SOBRE UNA VARIEDAD:** El fibrado tangente. Campos de vectores como derivaciones. Álgebra de Lie de los campos de vectores. Cálculos en coordenadas. Campos de vectores relacionados por una aplicación diferenciable. Curvas integrales de un campo de vectores. Flujo.
3. **FORMAS DIFERENCIALES:** Formas diferenciales sobre variedades. Producto exterior. El álgebra exterior de una variedad. La diferencial exterior de formas diferenciales. Formas cerradas y exactas. Nociones sobre los grupos de cohomología de De Rham. Números de Betti e invarianza por difeomorfismos. Derivada de Lie y producto interior.
4. **INTEGRACIÓN EN VARIEDADES:** Formas de volumen y orientación. Integración en variedades. Dominios regulares. Teorema de Stokes. Aplicaciones.

METODOLOGÍA

Los aspectos más destacados se expondrán en las clases magistrales siguiendo las referencias básicas que figuran en la Bibliografía.

Como complemento a las clases magistrales habrá prácticas de aula (o clases de problemas) y seminarios.

En las prácticas de aula se propondrá a los alumnos resolver problemas en los que se aplicarán los conocimientos adquiridos en las clases teóricas.

En los seminarios se desarrollarán cuestiones y ejemplos representativos del contenido de la asignatura, que generalmente habrán sido facilitados con anterioridad a los alumnos para trabajarlos y motiven la posterior reflexión y discusión en la sesión dedicada a ello.

TIPOS DE DOCENCIA

Tipo de Docencia	M	S	GA	GL	GO	GCL	TA	TI	GCA
Horas de Docencia Presencial	36	6	18						
Horas de Actividad No Presencial del Alumno/a	54	9	27						

Leyenda: M: Magistral

GL: P. Laboratorio

TA: Taller

S: Seminario

GO: P. Ordenador

TI: Taller Ind.

GA: P. de Aula

GCL: P. Clínicas

GCA: P. de Campo

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

- Sistema de evaluación continua
- Sistema de evaluación final

HERRAMIENTAS Y PORCENTAJES DE CALIFICACIÓN

- Ver ORIENTACIONES 100%

CONVOCATORIA ORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

Examen final escrito (necesario aprobar para aplicar el resto de las notas con sus porcentajes): 60%

Seminarios: 25%

Trabajos (problemas escritos): 15%

Según el punto 3 del artículo 8 de la Normativa reguladora de la Evaluación del Alumnado en las titulaciones oficiales de Grado, "el alumnado tendrá derecho a ser evaluado mediante el sistema de evaluación final, independientemente de que haya participado o no en el sistema de evaluación continua. Para ello, el alumnado deberá presentar por escrito al profesorado responsable de la asignatura la renuncia a la evaluación continua, para lo que dispondrán de un plazo de 9 semanas para las asignaturas cuatrimestrales [...], a contar desde el comienzo del cuatrimestre [...]". Dicha evaluación final consistirá en un examen escrito que supondrá toda la nota de la asignatura.

Las pruebas y actividades de evaluación de esta asignatura se desarrollarán conforme a los principios de integridad académica, honestidad y comportamiento ético establecidos en la normativa de la EHU. El estudiantado, al incorporarse a la Universidad, suscribió la Declaración de compromiso de comportamiento ético y honradez académica, comprometiéndose a no incurrir en plagio, fraude académico ni utilización de materiales o dispositivos no autorizados (incluidas herramientas de inteligencia artificial cuando no estén expresamente permitidas) en pruebas y trabajos académicos. El incumplimiento de estas obligaciones podrá conllevar las consecuencias académicas y disciplinarias previstas en la normativa universitaria vigente

CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA: ORIENTACIONES Y RENUNCIA

Pruebas objetivas (examen escrito): 100%.

La evaluación se limitará a un examen escrito.

MATERIALES DE USO OBLIGATORIO

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía básica

W. M. BOOTHBY, An introduction to differentiable manifolds and Riemannian Geometry, Academic Press, 1975.

F. BRICKELL y R. S. CLARK, Differentiable manifolds, an introduction, Van Nostrand, 1970.

P.M. GADEA y J. MUÑOZ, Analysis and algebra on differentiable manifolds: a workbook for students and teachers, Kluwer Academic Publishers, 2001.

J.M. GAMBOA y J.M. RUIZ, Iniciación al estudio de las variedades diferenciables, 2ª Edición, Sanz y Torres, 2006.

J. M. LEE, Introduction to smooth manifolds, Springer Verlag, 2002.

F. WARNER, Foundations of differentiable manifolds and Lie groups, Springer Verlag, 1983.

Bibliografía de profundización

Revistas

Direcciones de internet de interés

<https://www.ime.usp.br/~gorodski/teaching/mat5799-2015/hitchin-manifolds2012.pdf>

OBSERVACIONES

Para un correcto aprovechamiento de esta asignatura se recomienda haber superado las siguientes materias:

- Álgebra Lineal y Geometría I, II
- Cálculo diferencial e integral I, II
- Curvas y Superficies
- Ecuaciones Diferenciales
- Topología