Centro de Investigación en Matemáticas, A. C.

MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ORIENTACIÓN EN MATEMÁTICAS APLICADAS

2021 -

VIGENCIA

Estudios de licenciatura en ciencias exactas, ciencias económico-administrativas, o ciencias naturales e ingeniería, con una sólida preparación y capacidad para las matemáticas.

ANTECEDENTES ACADÉMICOS DE INGRESO

MODALIDAD	Escolarizada
DURACIÓN DEL CICLO	Semestral, 14 a 15 semanas efectivas de clase.
CLAVE DEL PLAN DE ESTUDIOS	2021

FILOSOFÍA DEL PLAN DE ESTUDIOS

1. Aprovechar todo el potencial del CIMAT para ofrecer una maestría en matemáticas aplicadas de alto nivel.
2. Ofrecer una maestría atractiva para una población *heterogénea* de estudiantes, con diversos antecedentes en formación matemática.
3. Busca ser interdisciplinaria, y nutrirse de las tres áreas de conocimiento en CIMAT: matemáticas, ciencias de la computación, y probabilidad y estadística; formando puentes de colaboración entre ellas, que permitan resolver problemas más complejos.
4. Ofrecer diversas herramientas teóricas y prácticas en temas actuales, proveyendo de una amplia cultura y experiencia útil para aplicaciones de las matemáticas, sin vulnerar el formalismo y el rigor científico.
5. Busca atender a las necesidades contemporáneas del mercado laboral, tanto en el sector académico como en el productivo, ofreciendo herramientas de comunicación y trabajo en equipo.
6. Fomentar la experiencia en vinculación, buscando herramientas para involucrar al alumnado en programas institucionales de vinculación.

OBJETIVOS GENERALES DEL PLAN DE ESTUDIOS

1. Proporcionar al alumnado de una formación sólida y una perspectiva amplia e interdisciplinaria en matemáticas, probabilidad, estadística, y ciencias de la computación.
2. Proveer al alumnado de oportunidades, experiencias, y herramientas que le permitan focalizar su formación en algunas de las áreas de especialización que ofrece el CIMAT en matemáticas aplicadas.
3. Disponer al alumnado la preparación necesaria para laborar, ya sea en la docencia o en el sector productivo, o continuar estudios de doctorado.

PERFIL DE INGRESO
Las personas aspirantes deberán contar con estudios de licenciatura en matemáticas, ciencias exactas, ciencias naturales, ciencias económico-administrativas, ingeniería, u otra carrera afín, con una sólida preparación y capacidad para las matemáticas, debiendo mostrar facilidad de aprendizaje y pensamiento abstracto. Se valorará si adicionalmente cuentan con habilidades para trabajar en equipo, y comunicarse efectivamente de manera oral y escrita.

PERFIL DE EGRESO
El alumnado egresado contará con una formación amplia que le permita plantear y proponer soluciones creativas a problemas en diferentes áreas, bajo una perspectiva multidisciplinaria. Además de una sólida capacitación en habilidades cuantitativas, su formación contará con herramientas de comunicación que le permitan establecer lazos entre diversas disciplinas académicas, la industria aplicada y la actividad docente.

SEMESTRE	LISTA DE ASIGNATURAS O UNIDADES DE APRENDIZAJE	CLAVE	HORAS		CRÉDITOS	INSTALACIONES
			CON DOCENTE	INDEPENDIENTES		
1	Modelación Dinámica	21MDI01	48	80	8	A
	Métodos Numéricos	21MNU01	48	80	8	A
	Modelos Estocásticos	21MEO01	48	80	8	A
2	Modelación Analítica	21MAN01	48	80	8	A
	Modelos Estadísticos	21MEA01	48	80	8	A
	Optimización	21OPT01	48	80	8	A
3	Seminario de Tesis I	21STE01	48	80	8	A
	Optativa I					
	Optativa II					
4	Seminario de Tesis II	21STE02	48	80	8	A
	Optativa III					

Cursos Obligatorios	SUMA 384	SUMA 640	SUMA 64

Cursos Optativos	SUMA	SUMA	SUMA
	144	240	24

Total	SUMA	SUMA	SUMA
	528	880	88

LISTA DE ASIGNATURAS O UNIDADES DE APRENDIZAJE OPTATIVAS	CLAVE	SERIACIÓN	HORAS		CRÉDITOS	INSTALACIONES
			CON DOCENTE	INDEPENDIENTES		
Álgebra Lineal Numérica	21ALN01		48	80	8	A
Análisis	21ANA01		48	80	8	A
Análisis Funcional Aplicado	21AFA01		48	80	8	A
Biomatemáticas	21BIO01		48	80	8	A
Ecuaciones Diferenciales Ordinarias	21EDO01		48	80	8	A
Ecuaciones Diferenciales Ordinarias II	21EDO02	21EDO01	48	80	8	A
Ecuaciones Diferenciales Parciales	21EDP01		48	80	8	A
Sistemas Dinámicos I	21SDI01		48	80	8	A
Temas Selectos de Análisis Numérico I	21SNU01		48	80	8	A
Temas Selectos de Análisis Numérico II	21SNU02	21SNU01	48	80	8	A
Temas Selectos de Ciencias de la Computación I	21SCO01		48	80	8	A
Temas Selectos de Ciencias de la Computación II	21SCO02	21SCO01	48	80	8	A
Temas Selectos de Ciencias de la Computación III	21SCO03	21SCO02	48	80	8	A
Temas Selectos de Ecuaciones Diferenciales I	21SED01		48	80	8	A
Temas Selectos de Ecuaciones Diferenciales II	21SED02	21SED01	48	80	8	A
Temas Selectos de Física Matemática I	21SFM01		48	80	8	A
Temas Selectos de Física Matemática II	21SFM02	21SFM01	48	80	8	A
Temas Selectos de Matemáticas Aplicadas I	21SMA01		48	80	8	A
Temas Selectos de Matemáticas Aplicadas II	21SMA02	21SMA01	48	80	8	A
Temas Selectos de Matemáticas Aplicadas III	21SMA03	21SMA02	48	80	8	A
Temas Selectos de Matemáticas Básicas I	21SMB01		48	80	8	A
Temas Selectos de Matemáticas Básicas II	21SMB02	21SMB01	48	80	8	A
Temas Selectos de Matemáticas Básicas III	21SMB03	21SMB02	48	80	8	A
Temas Selectos de Métodos Estadísticos I	21SME01		48	80	8	A
Temas Selectos de Métodos Estadísticos II	21SME02	21SME01	48	80	8	A
Temas Selectos de Modelación I	21SMM01		48	80	8	A
Temas Selectos de Modelación II	21SMM02	21SMM01	48	80	8	A
Temas Selectos de Probabilidad y Estadística I	21SPE01		48	80	8	A
Temas Selectos de Probabilidad y Estadística II	21SPE02	21SPE01	48	80	8	A

Temas Selectos de Probabilidad y Estadística III	21SPE03	21SPE02	48	80	8	A
Variable Compleja	21VCO01		48	80	8	A

Además de los ejemplos de materias optativas arriba mencionados, es posible cursar como materia optativa de este programa cualquier otra materia impartida en cualquier posgrado del CIMAT, previa autorización del tutor, inscribiéndola como Temas Selectos del área correspondiente.

NÚMERO MÍNIMO DE HORAS QUE SE DEBERÁN ACREDITAR EN LAS ASIGNATURAS OPTATIVAS, BAJO LA CONDUCCIÓN DE UN DOCENTE	144
NÚMERO MÍNIMO DE CRÉDITOS QUE SE DEBERÁN ACREDITAR EN LAS ASIGNATURAS OPTATIVAS	24
NÚMERO MÍNIMO DE CRÉDITOS TOTALES (OBLIGATORIAS + OPTATIVAS)	**88**

PROPUESTA DE EVALUACION Y ACTUALIZACION PERIODICA DEL PLAN DE ESTUDIOS
El CIMAT designará un ***Comité Académico de Posgrado*** (CAP) integrado por investigadores adscritos al CIMAT. Este comité estará a cargo de los aspectos académicos del programa incluyendo la planeación académica, evaluación y seguimiento del programa, así como la actualización periódica del plan del mismo. Sus decisiones se tomarán de manera colegiada, siguiendo los lineamientos para la Maestría y la normativa interna de CIMAT para sus programas académicos.

OPCIONES DE TITULACIÓN
Para obtener el grado de Maestría, el alumno deberá cubrir un total de 88 créditos (64 obligatorios y 24 optativos) del plan de estudios y satisfacer los siguientes requisitos: ● Aprobar el examen del idioma inglés conforme a lo establecido en los lineamientos. ● Aprobar dos exámenes generales de cualesquiera dos materias obligatorias de los primeros dos semestres. ● Elaborar una tesis bajo la supervisión de un asesor y defenderla ante un jurado.

Dr. Víctor Manuel Rivero Mercado
Director General

MODELACIÓN DINÁMICA

CICLO	CLAVE DE LA ASIGNATURA
SEMESTRE 1	21MDI01

OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA

El curso introduce la teoría lineal de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias. Después de una introducción a las ecuaciones de primer orden, se presenta el Algebra Lineal Básica como en [1]. El Capítulo 3 sigue la exposición rigurosa de [2]. Con base en [1] la teoría cualitativa en el plano es el contenido del Capítulo 4. Los capítulos 5 y 6 siguen [2]. El 5 es una presentación auto contenida.

TEMAS Y SUBTEMAS

1. Ecuaciones de Primer Orden
   - 1.1 Modelos en ecuaciones diferenciales
   - 1.2 Ecuaciones autónomas
   - 1.3 Análisis Cualitativo
2. Álgebra Lineal
   - 2.1 Conceptos básicos
   - 2.2 Valores y Vectores Propios
   - 2.3 Valores propios complejos
   - 2.4 Bases y subespacios
   - 2.5 Valores propios repetidos
   - 2.6 Propiedades genéricas
3. Ecuaciones Lineales
   - 3.1 La exponencial de una matriz
   - 3.2 Sistema lineal autónomo de primer orden
   - 3.3 Ecuación lineal autónoma de orden n
   - 3.4 Sistema general de primer orden
   - 3.5 Ecuación lineal de orden n
   - 3.5 Sistemas periódicos

3.6 Perturbación de sistemas lineales
3.7 Forma Canónica de Jordan

4. Sistemas en el Plano
    4.1 Ecuaciones de segundo Orden
    4.2 Retrato fase
    4.3 El plano traza-determinante
    4.4 Clasificación dinámica

TEMAS COMPLEMENTARIOS

5. Problemas con Valores a la Frontera
    5.1 Separación de variables
    5.2 Operadores simétricos compactos
    5.3 Ecuaciones Sturm-Liouville
    5.4 El Problema regular de Sturm-Liouville
    5.5 Teoría de oscilación
    5.6 Ecuaciones periódicas de Sturm-Liouville
6. El Problema con Valores Iniciales
    6.1 Teoremas de Punto Fijo
    6.2 Existencia y Unicidad
    6.3 Dependencia de las condiciones iniciales
    6.4 Perturbación Regular

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Clases, sesiones de ayudantías, laboratorios de cómputo

Individuales: tareas, estudio.

CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION

Exámenes parciales, examen final, evaluación de las tareas y actividades en clase.

MÉTODOS NUMÉRICOS

CICLO SEMESTRE 1	CLAVE DE LA ASIGNATURA 21MNU01

OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA

Este es un curso clásico de métodos numéricos. Se cubren los temas básicos de álgebra lineal numérica y cálculo diferencial e integral numérico. Para completar la introducción al análisis numérico se presentan también algunos temas de aproximación y ecuaciones diferenciales. En los diferentes temas se buscará un balance entre la teoría detrás del método, su aplicación a problemas prácticos y su implementación computacional. Se presentarán soluciones numéricas utilizando cómputo en paralelo.

TEMAS Y SUBTEMAS

Introducción.

a. Preliminares.
b. Problemas no lineales en una variable.
    1. Solución de ecuaciones. Bisección, método de Newton.
    2. Minimización de funciones.

Álgebra lineal numérica.

a. Solución de sistemas lineales.
    1. Eliminación Gaussiana. Sustitución hacia atrás.
    2. Descomposición LU. QR, Inversa y determinante de una matriz.
    3. Métodos iterativos. Jacobi, Gauss-Seidel, gradiente conjugado.
    4. Precondicionadores de solvers iterativos.
b. El problema de valores propios.
    1. Método de Jacobi.
    2. Método de la potencia.
    3. El problema generalizado de valores propios.
c. Mínimos cuadrados.

Métodos numéricos en cálculo.

a. Interpolación.
    1. Polinomial.
    2. Splines cúbicos.
    3. Elementos Finitos.
b. Integración y diferenciación.
    1. Métodos clásicos.
    2. Método de Romberg.
    3. Cuadraturas Gaussianas y polinomios ortogonales.
    4. Diferencias finitas.
c. Problemas no lineales multivariados.
    1. Sistemas no lineales. Métodos cuasi-Newton.
    2. Minimización de funciones.

Ecuaciones Diferenciales.

a. Problemas con valores iniciales.
    1. Método de Euler.
    2. Métodos Runge-Kutta.
    3. Otros métodos.
b. Problemas con valores a la frontera
    1. Diferencias finitas.
    2. Elemento finito.
    3. Problemas de advección-difusión.
    4. Problema de valores propios.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Clases, sesiones de ayudantías, laboratorios de cómputo

Individuales: tareas, estudio.

CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION

Exámenes parciales, examen final, evaluación de las tareas y actividades en clase.

MODELOS ESTOCÁSTICOS

CICLO SEMESTRE 1	CLAVE DE LA ASIGNATURA 21MEO01

OBJETIVOS GENERALES DE LA ASIGNATURA

Al finalizar el curso los alumnos:

1. Habrán adquirido intuición sobre razonamiento probabilístico aplicado a fenómenos aleatorios.

2. Conocerán conceptos generales de teoría de probabilidad, su concepción y su manejo matemático. Se promoverá el recurso de simulación en computadora de procesos estocásticos para fines didácticos y análisis de datos.

3. Estarán familiarizados algunos con modelos probabilísticos de frecuente aplicación, así como para fenómenos aleatorios en espacio-tiempo enfatizando procesos de Poisson y Cadenas de Markov.

4. Conocerán elementos de estimación paramétrica con base en muestras aleatorias y algunas herramientas de exploración de datos. Manejarán conceptos de probabilidad para espacios discretos a un nivel que presupone manejo de series pero no de Teoría de la Medida.

TEMAS Y SUBTEMAS

1. Elementos de probabilidad y estadística

    1.1 Experimentos aleatorios y espacios de probabilidad.

    1.2. Leyes de probabilidad, independencia y probabilidad condicional.

    1.3. Variables aleatorias, distribuciones, densidades discretas y continuas, funciones de distribución, valor esperado. Momentos. Función generadora de momentos y función generadora de probabilidades.

1.4. Familias notables de densidades discretas y continuas: su génesis. Bernoulli, binomial, Poisson, geométrica, binomial negativa, normal, exponencial.

1.5. Muestras aleatorias independientes e idénticamente distribuidas. Momentos empíricos. La función de distribución empírica.

1.6. La función de verosimilitud y elementos de estimación paramétrica por el método de máxima verosimilitud.

1.7. La desigualdad de Chebychev, convergencia en probabilidad y la Ley de los Grandes Números. 1.8. Métodos de estadística exploratoria. Convergencia de momentos empíricos. Estimación paramétrica por el método de momentos. Estimación de densidades. Grácas PP y grácas QQ. 1.9. Vectores aleatorios. Densidades conjuntas y densidades marginales. Esperanza y covarianza de un vector aleatorio. Densidades condicionales. Esperanza condicional. Densidad normal multivariada. 1.10. Procesos estocásticos.

2. Cadenas de Markov

    2.1. Introducción: Motivación, notación y ejemplos.

    2.2. Cadenas de Markov de tiempo discreto.

    2.3. Propiedades: Clasificación de estados, distribuciones estacionarias, y absorción.

    2.4. Casos particulares: Caminatas aleatorias y procesos de ramificación.

3. Procesos de Poisson

    3.1. Introducción: Motivación, notación y ejemplos.

    3.2. El proceso de Poisson homogéneo en la recta.

    3.3. El proceso de Poisson no-homogéneo.

    3.4. Propiedades: Relación con procesos de conteo y de renovación, tiempos de ocurrencia.

    3.5. Proceso de Poisson marcado y generalizaciones a espacio y volumen.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Clases, sesiones de ayudantías, laboratorios de cómputo

Individuales: tareas, estudio.

CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION

Exámenes parciales, examen final, evaluación de las tareas y actividades en clase.

MODELACIÓN ANALÍTICA

CICLO	CLAVE DE LA ASIGNATURA
SEMESTRE 2	21MAN01

OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA

En este curso se presentarán métodos matemáticos clásicos para la modelación de distintos fenómenos. En particular se discutirán modelos que se engloban en las ecuaciones en derivadas parciales, complementando así el programa de modelación dinámica del semestre previo. Como tal, el programa guarda estrecha relación con ciencias naturales, ecuaciones en derivadas parciales, análisis, cómputo científico y probabilidad. A diferencia de un curso clásico de ecuaciones diferenciales, el énfasis se hace en la formulación y conexiones entre distintos modelos y no necesariamente en métodos para su solución.

TEMAS Y SUBTEMAS

<u>TEMAS BÁSICOS</u>

1. Cálculo Discreto
   - 1.1. Teorema de la Divergencia en Grafos
2. El Teorema de la Divergencia
3. Leyes de Conservación
   - 3.1. Teorema de Transporte
   - 3.2. Ejemplos de modelación a partir de la ley de conservación
     - 3.2.1. Leyes Constitutivas y Fenómenos de Reacción
     - 3.2.2. Mecánica Estadística y Continua
   - 3.3. Método de las Características
4. Modelos Estocásticos
   - 4.1. Cadenas de Markov discretas
   - 4.2. Caminatas aleatorias
   - 4.3. Martingalas
   - 4.4. Semigrupos y generadores

- 4.5. Procesos a tiempo continuo y la ecuación maestra
- 4.6. Límite asintótico de la caminata aleatoria
  - 4.6.1. Fórmula de Stirling
- 4.7. Movimiento Browniano
  - 4.7.1. Fórmula de Îto

5. Métodos Espectrales
   - 5.1. Series de Fourier
   - 5.2. Funciones de Bessel
6. Optimización
   - 6.1. Ecuación de Euler-Lagrange
   - 6.2. Cambios de variables
   - 6.3. Multiplicadores de Lagrange
7. Estructuras Analíticas
   - 7.1. Espacios métricos y topología general
     - 7.1.1. Espacios Euclideos
     - 7.1.2. Espacios de Integrabilidad: L^p
     - 7.1.3. Espacios de Hölder: C^{k,alpha}
   - 7.2. Completitud
   - 7.3. Teorema de Punto Fijo de Banach y sus aplicaciones
   - 7.4. Compacidad secuencial
     - 7.4.1. Teoremas de Bolzano y Heine-Borel
     - 7.4.2. Teorema de Weierstrass

       Teorema de Arzela Ascol

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Clases, Sesiones de ayudantías, Laboratorios de cómputo

Individuales: tareas, estudio.

CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION

Exámenes parciales, examen final, evaluación de las tareas y actividades en clase.

MODELOS ESTADÍSTICOS

CICLO SEMESTRE 2	CLAVE DE LA ASIGNATURA 21MEA01

OBJETIVOS GENERALES DE LA ASIGNATURA

Al finalizar el curso los alumnos:

1. Habrán adquirido una cultura general sobre el razonamiento inductivo-deductivo, sobre conceptos básicos relevantes y enfoques recientes en la Teoría de Inferencia Estadística para modelar fenómenos aleatorios repetibles de interés con actitud crítica.

2. Desarrollarán habilidades computacionales para fortalecer el conocimiento aprendido en la mayoría de los temas tratados en el temario. Se espera que el alumno llegue a manejar de manera fluida el lenguaje gratuito R o en Python.

3. Desarrollarán habilidades de redacción científica para explicar eficientemente los temas de trabajo asignados y que aprenda a realizar presentaciones concisas, claras, relevantes y bien estructuradas

TEMAS Y SUBTEMAS

1. Repaso de conceptos básicos de probabilidad relevantes para este curso. Transformaciones de variables aleatorias y de parámetros de una distribución. La función de distribución empírica y el Teorema de Glivenko-Cantelli. Cuantiles de una distribución. El Teorema de la Transformada Integral de Probabilidad y su importancia para simular variables y validar modelos estadísticos.

2. Introducción a la modelación estadística. Planteo, estimación, validación, comparación y selección de modelos estadísticos. Familias importantes de distribuciones y relaciones relevantes entre ellas.

3. Conceptos fundamentales de estimación. Estadísticas suficientes y su importancia. Estimación puntual, por intervalo y por región de los parámetros de un modelo estadístico. El método de momentos. La función de verosimilitud. Cálculo de probabilidades de cobertura de intervalos y regiones de estimación a través de cantidades pivotales o simulaciones. El Bootstrap para estimar

parámetros puntualmente y por intervalo. Propiedades asintóticas de los métodos de estimación presentados.

4. Estimación de parámetros de interés por separado en modelos estadísticos multiparamétricos. La función de verosimilitud perfil.

5. Introducción a pruebas de significancia enfatizando su uso para validar modelos estadísticos. Comparación y contraste con las pruebas de hipótesis propuestas por Neyman y Pearson. Comparación y selección de modelos estadísticos paramétricos. El Criterio de Información de Akaike y discusión sobre su relevancia para comparar y seleccionar modelos estadísticos óptimos.

6. El Modelo de Regresión, supuestos, aplicaciones y diagnóstico. El caso lineal y el no lineal.

7. Descripción breve de modelos estadísticos para situaciones más complejas. (Estos temas podrán elegirse para las presentaciones finales). Algunos ejemplos de temas son:censura; modelos jerárquicos; enfoque Bayesiano para inferencia estadística con modelos jerárquicos, situaciones con información faltante como mezclas de distribuciones y el algoritmo EM; inferencia para situaciones de confiabilidad, aplicaciones del Bootstrap e inferencia para Teoría de Colas entre otros.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Clases, sesiones de ayudantías, laboratorios de cómputo

Individuales: tareas, estudio.

CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION

Exámenes parciales, examen final, evaluación de las tareas y actividades en clase.

OPTIMIZACIÓN

CICLO SEMESTRE 2	CLAVE DE LA ASIGNATURA 21OPT01

OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA

Conocer las condiciones de optimalidad de primer y segundo orden de la Optimización con Restricciones.

Conocer e implementar métodos de optimización numérica para la optimización con restricciones que permita crear las bases necesarias para su aplicación en problemas de investigación.

OBJETIVO(S) ESPECÍFICO(S) DE LA ASIGNATURA

Conocer e implementar algoritmos de programación lineal: el método simplex, métodos de punto interior y métodos primal-dual.

Conocer e implementar algoritmos de programación cuadrática: método de conjuntos activos y proyección de gradiente.

Conocer métodos alternativos para el manejo de restricciones: Métodos de Penalización y Lagrangiano aumentado

Conocer el método de eliminación de variables.

Conocer e implementar el método de programación cuadrática secuencial para problemas no lineales.

Conocer los métodos de punto interior para programación no lineal.

TEMAS Y SUBTEMAS

1. Introducción
    a) Formulación Matemática
    b) Ejemplo: Un problema de transporte
    c) Tipos de problemas de Optimización
    d) Algoritmos de optimización
    e) Convexidad
2. Fundamentos de Optimización sin restricciones

a) ¿Qué es una solución?
b) Algoritmos (una visión preliminar)

i. Búsqueda en línea
ii. Métodos de región de confianza

3. Métodos de Búsqueda en Línea.
   a) Tamaño de paso
   b) Algoritmos para selección del tamaño de paso
4. Métodos de Región de Confianza
   a) Punto de Cauchy
   b) Metodo Dogleg
5. Métodos de Gradiente Conjugado
   a) Método de Gradiente Conjugado lineal
   b) Gradiente Conjugado No Lineal
6. Introducción al Cálculo Variacional
   a) Problema sin restricciones
7. Cálculo Numérico de Derivadas
   a) Aproximación por diferencias finitas
8. Métodos de Newton Prácticos
   a) Newton con pasos inexactos
   b) Métodos de Newton con búsqueda en línea
   c) Técnicas de región de confianza as de Modificación del Hessiano
   d) Métodos de Newton de Región de Confianza
9. Métodos Quasi-Newton
   a) El método BFGS
10. Mínimos Cuadrados No Lineales
    a) Método Gauss-Newton
    b) Método Levenberg-Marquardt
11. Métodos de penalización para problemas no lineales con restricciones
    a) Penalización cuadrática
12. Algoritmos sin derivadas.

a) Descenso de Simplejo (método de Nelder-Mead)
b) Recosido Simulado
c) Alg. Bio-inspirados

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Clases, sesiones de ayudantías, laboratorios de cómputo

Individuales: tareas, estudio.

CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION

Exámenes parciales, examen final, evaluación de las tareas y actividades en clase.

ÁLGEBRA LINEAL NUMÉRICA

CICLO	CLAVE DE LA ASIGNATURA
OPTATIVA	21ALN01

OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA

En este curso se presentarán métodos para resolver sistemas de ecuaciones lineales, problemas de valores propios de una matriz, y mínimos cuadrados, aplicados a encontrar soluciones numéricas de ecuaciones en derivadas parciales. En particular, es de especial interés estudiar el caso en que las matrices son de grandes dimensiones, y además, ralas. Esto presenta dificultades especiales, tanto desde el punto de vista computacional, como algorítimico, por lo que es necesario el estudio de algoritmos, tanto directos como iterativos, así como de métodos de descomposición y factorización de matrices.

TEMAS Y SUBTEMAS

1. Métodos Directos
    1.1. Descomposición LU y de Cholesky
    1.2. Estrategias de pivoteo
    1.3. Transformaciones de Householder y Givens
    1.4. Factorización QR

2. Análisis Matricial
    2.1. Normas y convergencia
    2.2. Errores de redondeo
    2.3. Descomposición en valores singulares
    2.4. El problema de mínimos cuadrados

3. Métodos iterativos
    3.1. Métodos de Jacobi, Gauss Seidel, y SOR
    3.2. Métodos del gradiente conjugado
    3.3. Análisis de convergencia
    3.4. Precondicionamiento para gradiente conjugado

4. Problemas simétricos
    4.1. Reducción a forma tridiagonal
    4.2. El método QR simétrico
    4.3. Polinomios ortogonales

4.4. Algoritmo de Lanczos

5. Manejo de matrices ralas
    5.1. Minimización del almacenamiento
    5.2. Matrices en banda y reordenamiento
    5.3. Métodos de factorización
    5.4. Métodos iterativos

6. Cálculo paralelo
    6.1. Estructuras de datos distribuidas
    6.2. Multiproceso con memoria compartida
    6.3. Métodos de factorización
    6.4. Problemas de valores propios

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Clases, sesiones de ayudantías, laboratorios de cómputo

Individuales: tareas, estudio.

CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION

Exámenes parciales, examen final, evaluación de las tareas y actividades en clase.

CONACYT

CIMAT

ANÁLISIS

CICLO OPTATIVA	CLAVE DE LA ASIGNATURA 21ANA01

OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA

El curso cubre los fundamentos de Análisis necesarios para poder continuar con Medida e Integración o Análisis Funcional. El curso busca reforzar y complementar el conocimiento de análisis adquirido durante la licenciatura, partiendo de una presentación más básica y auto contenida de textos clásicos. Las series de Fourier se introducen en el primer capítulo y se discuten a lo largo del curso para motivar diversos problemas en Análisis.

TEMAS Y SUBTEMAS

1. Teoría del Cálculo en una Variable Real
   - 1.1 Números Reales, Sucesiones, Continuidad
   - 1.2 Intercambio de límites
   - 1.3 Convergencia Uniforme
   - 1.4 Integral de Riemann
   - 1.5 Funciones con Valores Complejos
   - 1.6 Teorema de Taylor
   - 1.7 Series de potencias y Funciones Especiales
   - 1.8 Sumabilidad
   - 1.9 Teorema de Aproximación de Weierstrass
   - 1.10 Series de Fourier
2. Espacios Métricos
   - 2.1 Definición y Ejemplos
   - 2.2 Conjuntos Abiertos y Cerrados
   - 2.3 Funciones Continuas

2.4 Sucesiones y Convergencia
2.5 Subespacios y Productos
2.6 Propiedades de Espacios Métricos
2.7 Compacidad y Completez
2.8 Conexidad

3. Teoría del Cálculo en varias Variables
   3.1 Norma Operador
   3.2 Funciones no Lineales y Diferenciación
   3.3 Derivadas Parciales e Integrales de Riemann
   3.4 Partición de la Unidad
   3.5 Teoremas de la Función Implícita e Inversa
   3.6 Definición y Propiedades de la Integral de Riemann
   3.7 Funciones Riemann Integrable
   3.8 Teorema de Fubini
   3.9 Cambio de Variables
4. Teoría de EDO
   4.1 Existencia y Unicidad
   4.2 Dependencia en Condiciones Iniciales y Parámetros
5. Espacios Métricos II
   5.1 Teorema de Categoría de Baire
   5.2 Propiedades de C(S) para S métrico compacto
   5.3 Completamiento

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Clases, sesiones de ayudantías, laboratorios de cómputo

Individuales: tareas, estudio.

CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION

Exámenes parciales, examen final, evaluación de las tareas y actividades en clase.

ANÁLISIS FUNCIONAL APLICADO

CICLO OPTATIVA	CLAVE DE LA ASIGNATURA 21AFA01

OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA

Estudiar los siguientes problemas:

a) La solución de ecuaciones funcionales
b) Optimización

El primero requiere del lenguaje de operadores (no necesariamente lineales) entre espacios de funciones; el segundo el de las funcionales sobre dichos espacios. Así pues, se trata de los problemas:

a') Ax=b, o bien Fx=0, donde A, F:X→X son operadores, con A

lineal, b∈ X y F en general no-lineal, y

b') min $_{x\, \in\, B}\emptyset$(x) donde $B \subset X$ y $\emptyset : X \to R$ es un funcional.

Los métodos de solución de estos problemas necesitan algún tipo de proceso iterativo.

Además, deben enfatizarse los aspectos constructivos y de aproximación. Por lo tanto, el espacio X donde se plantean los problemas mencionados deberá tener un mínimo de estructura algebraica y topológica. En la mayoría de los casos X sería de Hilbert, para aplicar la rica estructura geométrica de estos espacios, aunque algunas aplicaciones harán necesario considerarlo de Banach y otras de Soboleff. Se supone que el alumno habrá estudiado Análisis Real y Teoría de la Medida e Integración, pero no que ya haya cursado Análisis Funcional.

TEMAS Y SUBTEMAS

- Espacios de Hilbert y de Banach
    - Espacios normados y completitud
    - Separabilidad, desarrollos ortogonales y ortogonalización
    - Espacios de Soboleff
    - Problemas de norma mínima
- Operadores y funcionales

- Funcionales lineales
- Ejemplos de espacios duales
- Operadores lineales acotados
- El operador adjunto y ejemplos

- Convexidad y optimización
  - Derivadas de Gateaux y Fréchet
  - Ecuaciones de Euler-Lagrange
  - Funcionales y conjuntos convexos
  - Multiplicadores de Lagrange y condiciones de Kuhn-Tucker
- Control óptimo
  - Controlabilidad y observabilidad
  - Problemas de tiempo mínimo
  - La ecuación matricial de Riccati
  - Programación dinámica
- Elemento Finito
  - Interpolación y splines
  - El método de Ritz-Galerkin
  - Problemas de valores propios
  - Problemas con valores iniciales
- Ecuaciones no-lineales
  - El principio de contracción
  - El método de Newton
  - Convergencia a la Kantorovitch
  - Solución aproximada de ecuaciones funcionales

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Clases, sesiones de ayudantías, laboratorios de cómputo

Individuales: tareas, estudio.

CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION

Exámenes parciales, examen final, evaluación de las tareas y actividades en clase.

BIOMATEMÁTICAS

CICLO	CLAVE DE LA ASIGNATURA
OPTATIVA	21BIO01

OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA

El alumnado aprenderá sobre las principales técnicas matemáticas en modelación en Biomatemáticas.

OBJETIVO(S) ESPECÍFICO(S) DE LA ASIGNATURA

El alumnado aprenderá las técnicas de sistemas dinámicos discretos y continuos para la modelación de fenómenos biológicos. En particular, aplicará ecuaciones en diferencias, ecuaciones diferenciales ordinarias, ecuaciones diferenciales con retardo, autómatas celulares, ecuaciones integrales y cómo cada categoría de objeto matemático presenta fortalezas y debilidades.

El alumnado aprenderá técnicas de ajuste de datos, en espacial elementos de regresión lineal y regresión no lineal.

TEMAS Y SUBTEMAS

1. Modelo Kermack-McKendrick
2. Tasas de contagio, recuperación, reclutamiento, vacunación, etc.
3. Modelos SIR , SIS SIRS, etc.
4. R0
5. Matriz de siguiente generación
6. Análisis de sistemas
7. Políticas de control
8. Bifurcaciones
9. Ajuste de datos

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Clases, sesiones de ayudantías, laboratorios de cómputo

Individuales: tareas, estudio.

CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION

Exámenes parciales, examen final, evaluación de las tareas y actividades en clase.

ECUACIONES DIFERENCIALES ORDINARIAS

CICLO	CLAVE DE LA ASIGNATURA
OPTATIVA	21EDO01

OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA

En este curso se busca que el estudiantado adquiera conocimientos sobre la teoría cualitativa de las ecuaciones diferenciales. Se estudiarán los métodos clásicos para resolver ecuaciones diferenciales buscando las soluciones por series de potencias formales.

TEMAS Y SUBTEMAS

1. Teoría básica
   - 1.1. Existencia y unicidad. Método de aproximaciones sucesivas
   - 1.2. Dependencia continua o diferenciable respecto a condicionales iniciales y parámetros
   - 1.3. Ecuación autónoma y espacio fase
   - 1.4. Primeras integrales
   - 1.5. Soluciones numéricas. Método de Runge-Kutta

2. Sistemas de ecuaciones diferenciales lineales
   - 2.1. Sistema homogéneo
   - 2.2. Caso de coeficientes constantes. Exponencial de una matriz
   - 2.3. Sistema no-homogéneo. Método de Variación de parámetros y de coeficientes indeterminados
   - 2.4. Ejemplos y aplicaciones

3. Estabilidad
   - 3.1. Teorema de Liapunov

4. Sistemas en el Plano
   - 4.1. Teorema de Poincaré-Bendixson
   - 4.2. Índice de singularidades

5. Teoría de Frobenius
   - 5.1. Ecuaciones diferenciales lineales con coeficientes analíticos
   - 5.2. Puntos regulares y singulares
   - 5.3. Solución en series de potencias

5.4. Puntos singulares regulares y método de Frobenius para ecuaciones de segundo orden

6. Teoría de Sturm-Liouville
   6.1. Problemas de valores propios
   6.2. Completitud de las funciones propias
   6.3. Familias de polinomios ortogonales

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Clases, sesiones de ayudantías, laboratorios de cómputo

Individuales: tareas, estudio.

CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION

Exámenes parciales, examen final, evaluación de las tareas y actividades en clase.

ECUACIONES DIFERENCIALES ORDINARIAS II

CICLO OPTATIVA	CLAVE DE LA ASIGNATURA 21EDO02

OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA

Estudiar algunos aspectos geométricos de las ecuaciones diferenciales ordinarias.

TEMAS Y SUBTEMAS

- Ecuaciones integrables
- Teoría de perturbación
- Teoría de bifurcación
- Ecuaciones diferenciales parciales de primer orden

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Clases, sesiones de ayudantías, laboratorios de cómputo

Individuales: tareas, estudio.

CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION

Exámenes parciales, examen final, evaluación de las tareas y actividades en clase.

ECUACIONES DIFERENCIALES PARCIALES

CICLO OPTATIVA	CLAVE DE LA ASIGNATURA 21EDP01

OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA

El curso es sobre la teoría clásica de EDP. La ecuación de Laplace se estudia con la profundidad de Gilbarg & Trudinger [2]. La exposición de las ecuaciones del Calor y Onda sigue Evans [2] y John [3].

TEMAS Y SUBTEMAS

1. Introducción a las EDP

2. La Ecuación de Laplace
   - 2.1. Las identidades de Green
   - 2.2. El principio del Máximo
   - 2.3. El Problema de Dirichlet. Método de Perron
   - 2.4. La ecuación de Poisson

3. La Ecuación del Calor
   - 3.1. El Problema de Cauchy
   - 3.2. El principio del Máximo
   - 3.3. Unicidad y Regularidad

4. La Ecuación de onda
   - 4.1. El método de promedios esféricos
   - 4.2. El método de descenso de Hadamard
   - 4.3. El principio de Duhamel

5. Ecuaciones de primer orden
   - 5.1. La ecuación del transporte

5.2. Ecuación no lineal. Características
5.3. Leyes de conservación escalares

TEMAS COMPLEMENTARIOS

6. Métodos de Energía.
   6.1. Principio de Dirichlet en el problema de Poisson.
   6.2. Unicidad hacia atrás en la ecuación del calor.
   6.3. Rapidez de propagación finita en la ecuación de onda.

7. Transformadas Integrales.
   7.1. Fourier y Laplace

8. Series de Potencias.
   8.1. Teorema de Cauchy-Kovaleskaya.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Clases, sesiones de ayudantías, laboratorios de cómputo

Individuales: tareas, estudio.

CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION

Exámenes parciales, examen final, evaluación de las tareas y actividades en clase.

SISTEMAS DINÁMICOS I

CICLO OPTATIVA	CLAVE DE LA ASIGNATURA 21SDI01

OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA

Que el alumnado adquiera conocimientos sobre los conceptos de genericidad de sistemas dinámicos y estabilidad estructural, a partir de ejemplos. Además, el alumnado aprenderá las técnicas de la dinámica unidimensional.

TEMAS Y SUBTEMAS

TEMAS BÁSICOS

1. Nociones básicas y ejemplos
   1.1. Sistema dinámico discreto y continuo, órbitas, flujo, conjugación y semiconjugación.
   1.2. Ejemplos discretos: rotaciones y expansiones del círculo unitario, endomorfismos del toro, aplicaciones cuadráticas y shift.
   1.3. Ejemplos continuos: flujos y ecuaciones diferenciales, suspensiones de difeomorfismos, aplicación de retorno y secciones de Poincaré.
2. Dinámica topológica
   2.1. Sistemas dinámicos topológicos (discretos y continuos).
   2.2. Conjuntos invariantes, $\alpha-$ y $\omega-$ límite, recurrencia y transitividad topológica.
   2.3. Minimalidad y expansividad topológica. Entropía topológica y ejemplos.
3. Dinámica en dimensiones bajas
   3.1. Homeomorfismos de la circunferencia, levantamientos, número de rotación y clasificación de Poincaré.
   3.2. Difeomorfismos de la circunferencia, teorema y ejemplo de Denjoy.
   3.3. Aplicaciones del intervalo: puntos periódicos, teorema de Sharkovskii.
4. Dinámica hiperbólica
   4.1. Variedades diferenciables, haz tangente, difeomorfismos sobre variedades.
   4.2. Variedades invariantes. Conjunto hiperbólico y teorema de descomposición de espacio tangente.

4.3. Ejemplo: la herradura de Smale.

4.4. Caracterización de conjunto hiperbólico por familias de conos. Estabilidad.

TEMAS COMPLEMENTARIOS

5. Teoría ergódica
    5.1. Repaso de teoría de la medida, medidas invariantes.
    5.2. Teorema de recurrencia de Poincaré y teorema de Birkhoff.
    5.3. Entropía medible.
6. Transversalidad y genericidad
    6.1. Teorema de Kupka-Smale.
    6.2. Estabilidad de campos Morse-Smale.
    6.3. Bifurcaciones y no-transversalidad.
7. Dinámica simbólica
    7.1. Topología del espacio de símbolos y la aplicación shift.
    7.2. Ejemplos: aplicaciones expansivas y cuadráticas.
    7.3. Puntos periódicos, transitividad, subshift de tipo finito, matriz de transición. Funciones zeta.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Clases, sesiones de ayudantías, laboratorios de cómputo

Individuales: tareas, estudio.

CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION

Exámenes parciales, examen final, evaluación de las tareas y actividades en clase.

VARIABLE COMPLEJA

CICLO OPTATIVA	CLAVE DE LA ASIGNATURA 21VCO01

OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA

Reforzar y completar el conocimiento de la parte básica de la teoría de funciones de variable compleja, buscando un manejo maduro tanto en su parte formal como en la operativa.

Proporcionar los elementos necesarios para profundizar en diversas direcciones, tanto dentro de la misma variable compleja como en sus aplicaciones en otras áreas.

TEMAS Y SUBTEMAS

TEMAS BÁSICOS

1. Elementos de análisis complejo
   1.1. Definición de derivada compleja. Funciones holomorfas. Ecuaciones Cauchy-Riemann.
   1.2. Integración compleja. Teorema de Cauchy y consecuencias: Teorema de Morera y Liouville. Teorema fundamental de álgebra.
   1.3. Series de potencia. Funciones analíticas. Representación en series de potencias de funciones holomorfas.
   1.4. Ceros y singularidades aisladas de funciones holomorfas. Funciones meromorfas. Series de Laurent.
   1.5. Principio del máximo y consecuencias.
   1.6. Cálculo de residuos. Teorema de residuos. Cálculo de integrales definidas reales.
2. Convergencia y teoremas de aproximación de funciones holomorfas
   2.1. Familias de funciones holomorfas. Límites de sucesiones de funciones holomorfas. Convergencia uniforme en compactos.
   2.2. Familias uniformemente acotadas. Teorema de Arzelá-Ascoli para funciones holomorfas.
   2.3. Teorema de Hurwitz sobre ceros de límites de funciones holomorfas. Teorema de Mittag-Leffer sobre existencia de funciones meromorfas con determinados

polos. Teorema de Runge sobre aproximación de funciones holomorfas por funciones racionales o polinomios.

2.4. Productos infinitos. Existencia de funciones enteras con determinados ceros.

3. Aplicaciones Conformes
   3.1. Lema de Schwarz. Automorfismos holomorfos del disco. Automorfismos del plano.
   3.2. Transformaciones de Möbius. La esfera como variedad compleja. Automorfismos de la esfera.
   3.3. Ejemplos de difeomorfismos holomorfos entre abiertos del plano complejo. Teorema de la aplicación de Riemann.

TEMAS COMPLEMENTARIOS

4. Introducción a las superficies de Riemann.
5. Introducción a la geometría hiperbólica.
6. Funciones Especiales.
   6.1. Función gamma.
   6.2. Función zeta de Riemann.
   6.3. Funciones elípticas.
   6.4. Funciones Armónicas.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Clases, sesiones de ayudantías, laboratorios de cómputo

Individuales: tareas, estudio.

CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION

Exámenes parciales, examen final, evaluación de las tareas y actividades en clase.

ANEXO 3

LISTADO DE ACERVO BIBLIOGRÁFICO

Modelación Dinámica

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Mathematical Models in Biology	L. Edelstein-Keshet	SIAM	2005
2	Libro	An Introduction To Chaotic Dynamical Systems	R. Devaney	CRC Press	2003

Métodos Numéricos

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Introduction to Numerical Analysis, 3rd ed.	J. Stoer, R. Bulirscé	Springer-Verlag, New York	2002
2	Libro	Numerical Methods for Unconstrained Optimization and Nonlinear Equations	J. E. Dennis, Jr., R.B. Schnabel	SIAM; Philadelphia	1996
3	Libro	Numerical Analysis for Applied Mathematics, Science, and Engineering	Greenspan, D. Casulli, V.	Addison-Wesley; RedwoodCity	1988
4	Libro	Numerical Methods for Mathematics, Science and Engineering; 2nd	Mathews, J.H.	Prentice Hall; New Jersey	1992
5	Libro	Computational Methods in Elementary Numerical Analysis	Morris, J.Ll	John Wiley & Sons. Chichester	1983
6	Libro	Numerical Recipes in C 2nd ed	Press W. H. et al	Cambridge University Press; Cambridge	1992
7	Libro	Numerical Mathematics	A.Q.Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri	Springer, New York	2000

CONACYT

CIMAT

Modelos Estocásticos

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Statistical inference for stochastic processes	Ishwar V. Basawa, B.L.S. Prakasa Rao	Academic Press, London	1980
2	Libro	Elements of applied stochastic processes	U. N. Bhat, G. K. Miller	J. Wiley; New York	2002
3	Libro	Cadenas de Markov. Un enfoque elemental.	M. E. Caballero, V. Rivero, G. Uribe, C. Velarde	Aportaciones Matemáticas: Textos # 29, SMM	2004
4	Libro	Applied Probability and Stochastic Processes	Feldman, R.M., Valdez-Flores, C.	Springer-Verlag	2010
5	Libro	Essentials of stochastic processes	R. Durrett	Springer	1999
6	Libro	Probability and random processes. 2nd. Ed.	G. R. Grimett & D.R. Stirzaker	Oxford	1992
7	Libro	Introduction to stochastic processes	P.G. Hoel, S.C. Port, & C. J. Stone	Houghton Mifflin	1972
8	Libro	An Introduction to stochastic processes	D. Kannan	North Holland	1979
9	Libro	A first course in stochastic processes (2nd Edition)	S. Karlin & H.M. Taylor	Academic Press	1975
10	Libro	Introduction to stochastic processes	G. F. Lawler	Chapman & Hall, Prob. Series	2000
11	Libro	Markov chains	J. Norris	Cambridge University Press	1997
12	Libro	Adventures in stochastic processes	S.I. Resnick	Birkhäuser	1992
13	Libro	Introduction to probability models	S. M. Ross	Academic Press	1997
14	Libro	Simulation, 4th. edition	S. M. Ross	Academic Press	2006
15	Libro	Stochastic processes and models	D. Stirzaker	Oxford University Press	2005

Modelación Analítica

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Numerical Analysis and Optimization: An Introduction to Mathematical Modelling and Numerical Simulation	G. Allaire	Oxford	2007
2	Libro	Partial Differential Equations in Action: From Modelling to Theory	S. Salsa	Springer	2008
3	Libro	Introductory Functional Analysis with Applications	E. Kreyszig	Wiley	1978

Modelos Estadísticos

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Applied regression analysis: a research tool (2nd ed.)	Rawlings, J.O., Pantula, S.G. Dickey, D.A.	Springer	1998
2	Libro	Generalized linear models (2nd ed.)	McCullag, P. Nelder, J.A.	Chapman Hall	1989
3	Libro	Regression diagnostics	Belsley, D.A., Kuh, E. Welsch, R.E.	Wiley	1980
4	Libro	Transformations and weighting in regression	Carrol, R.J. Ruppert, D.	Chapman Hall	1988
5	Libro	Nonlinear regression analysis and its applications	Bates, D.M. Watts, D.G.	Wiley	1988
6	Libro	Applied nonparametric regression	Hardle, W.	Cambridge	1990
7	Libro	Quantile regression	Koenker, R.	Cambridge	2005
8	Libro	Plane answers to complex questions: The theoryof linear models (2nd ed.)	Christensen, R.	Springer	1996
9	Libro	Statistic: Principles and Methods	Bhattacharyya, G. K. Johnson, R.	Wiley	2009

Optimización

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Numerical Optimization	J. Nocedal S. J. Wright	Springer Series in Operation Research	2000
2	Libro	Iterative Methods for Optimization	C. T. Kelley	SIAM Frontiers in Applied Mathematics 18	1995

Álgebra Lineal Numérica

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Introduction to Numerical Analysis	J. Stoer, R. Bulirscé	Springer-Verlag	2002
2	Libro	Numerical Methods for Unconstrained Optimization and Nonlinear Equations	J. E. Dennis, Jr., R.B. Schnabel	SIAM	1996
3	Libro	Numerical Analysis for Applied Mathematics, Science, and Engineering	Greenspan, D. Casulli, V.	Addison Wesley	1988
4	Libro	Numerical Methods for Mathematics, Science and Engineering	Mathews, J.H.	Prentice Hall	1992
5	Libro	Computational Methods in Elementary Numerical Analysis	Morris, J.Ll.:	John Wiley & Sons	1983
6	Libro	Numerical Recipes in C	Press W. H. et al	Cambridge University Press	1992
7	Libro	Numerical Mathematics	A.Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri	Springer	2000

Análisis

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Real Analysis	E. DiBenedetto	Birkhäuser	2002
2	Libro	Foundations of Modern Analysis	J. Dieudonné	Academic Press, New York	1960

3	Libro	Basic Real Analysis	A. W. Knapp	Birkhäuser	2005
4	Libro	Metrics, Norms and Integrals	J. J. Koliha	World Scientific	2008
5	Libro	Calculus on Manifolds.	M. Spivak	The Benjamin/Cumming, Menlo Park Ca	1965

Análisis Funcional Aplicado

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Applied functional analysis	J. P. Aubin	Wiley-Interscience, New York	1979
2	Libro	Análisis funcional	H. Brez is, , ,	Libros. Alianza Universidad, Madrid.	1984
3	Libro	Functional analysis and numerical methods	L. Collatz	Academic Press, London-New York	1966
4	Libro	Functional analysis in modern applied mathematics	R. F. Curtain A. J. Pritchard	Academic Press, New York	1977
5	Libro	Calculus of variations and optimal control theory	M. R. Hestenes	Wiley, New York	1966
6	Libro	Functional analysis in normed spaces	L. V. Kantorovitch G. P. Akilov trad. por D. E. Brown	Pergamon Press, MacMillan, New York	1964
7	Libro	Elements of the theory of functional analysis, Vol. I	A. N. Kolmogorov S.V. Formin	Graylock Press, Rochester, N.Y.	1957
8	Libro	Optimization and approximation	W. Krabs	John Wiley and Sons, New York	1969
9	Libro	Optimization by vector space methods	D. G. Luenberger	John Wiley and Sons, New York	1969
10	Libro	Computational solutions of nonlinear operator equations	L. B. Rall	Wiley, New York	1969
11	Libro	An analysis of the finite element method	G. Strang G. J. Fix	Prentice Hall, Englewood Cliffs NJ	1973

Biomatemáticas

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Mathematical Epidemiology of Infectious Diseases	Diekmann, O., Heersterbeek, J.A.P.	Wiley	2000
2	Libro	Infectious Diseases of Humans	Anderson, Roy M. May, Robert M.	Oxford Science Publications	1992
3	Libro	Population Dynamics of Infectious Diseases	Anderson, Roy M.	Chapman and Hall	1982
4	Libro	Epidemiology	Woodward, M.	Chapman and Hall	1999
5	Libro	Mathematical Biology	Murray, J.D.	Springer Verlag	2002
6	Libro	Nonlinear Regression	Seber, G.A.F., Wild, C.J.	Wiley	2003

Ecuaciones Diferenciales Ordinarias

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Differential Equations, Dynamical Systems, and an introduction to Chaos	M. W. Hirsch, S. Smale, R. L. Devaney	Academic Press	2012
2	Libro	Ordinary Differential Equations and Dynamical Systems; Graduate Studies in Mathematics, Vol 140	G. Teschl	AMS	2012

Ecuaciones Diferenciales Ordinarias II

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Geometrical methods in the Theory of Ordinary Differential Equations, 2nd ed.	V. I. Arnold	Springer-Verlag, New York	1988
2	Libro	Theory of Ordinary Differential Equations	E. A. Coddington N. Levinson	McGraw-Hill; New York	1955

3	Libro	Methods of Bifurcation Theory	S. N. Chow J. K. Hale	Springer-Verlag, New York	1982
4	Libro	Analysis of Singular Perturbations	N. Eckhaus	North Holland; Amsterdam	1979
5	Libro	Introduction to Perturbation Methods	A. H. Holmes	Springer-Verlag, New York	1995
6	Libro	Partial Differential Equations I, Basic Theory	M. E. Taylor	Springer-Verlag, New York	1996

Ecuaciones Diferenciales Parciales

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Partial Differential Equations	L.C. Evans	AMS; Providence	1998
2	Libro	Elliptic Partial Differential Equations of Second Order; 2nd, ed.	D. Gilbarg N. S. Trudinger	Springer-Verlag; Berlin	1983
3	Libro	Partial Differential Equations, 4th ed.	F. John	Springer-Verlag, New York	1986

Sistemas Dinámicos I

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Introduction to the modern theory of dynamical systems	A. Katok B. Hasselblatt	Cambridge University Press	1995
2	Libro	A first course in dynamics	B. Hasselblatt A. Katok	Cambridge University Press	2003
3	Libro	Introduction to dynamical systems	M. Brin G. Stuck	Cambridge University Press	2015
4	Libro	Dynamical systems. Stability, symbolic dynamics, and chaos	C. Robinson	CRC Press	1999

5	Libro	Geometric theory of dynamical systems. An introduction	J. Palis Jr. W. de Melo	Springer-Verlag	1982

Variable Compleja

	TIPO	TITULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
1	Libro	Complex analysis. An introduction to the theory of analytic functions of one complex variable. International Series in Pure and Applied Mathematics.	L. Ahlfors	McGraw-Hill Book Co., New York	1978
2	Libro	Analytic function theory. Volumen II. Introductions to Higher Mathematics	E. Hille	Ginn and Co., Boston, Mass.-New York-Toronto, Ont.	1962
3	Libro	Complex Analysis, Graduate Texts in Mathematics 103	S. Lang	Springer-Verlag, New York	1993
4	Libro	Theory of complex functions. Graduate Texts in Mathematics, 122. Readings in Mathematics.	R. Remmert	Springer-Verlag, New York	1991
5	Libro	Complex analysis. Princeton Lectures in Analy-sis	E. Stein R. Shakarchi	Princeton University Press, Princeton, NJ	2003