UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ

SECRETARÍA GENERAL

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

DESCRIPCIÓN DE CURSO DE
MAESTRÍA EN INGENIERÍA MATEMÁTICA

APROBADO POR EL CONSEJO DE INVESTIGACIÓN, POSTGRADO Y EXTENSIÓN EN REUNIÓN EXTRAORDINARIA N° 8/2012 DEL 31 DE OCTUBRE DE 2012. MODIFICACIÓN EN SESIÓN ORDINARIA N° 04-2014 REALIZADA EL 6 DE AGOSTO DE 2014.
APROBADO POR EL CONSEJO DE INVESTIGACIÓN, POSTGRADO Y EXTENSIÓN EN REUNIÓN ORDINARIA VIRTUAL N°3/2021 DEL 7 DE ABRIL DE 2021.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ
SECRETARÍA GENERAL
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA MATEMÁTICA

Descripción del programa

La Maestría en Ingeniería Matemática busca formar profesionales capaces de modelar un problema mediante el uso de herramientas matemáticas, así como conocer los métodos de resolución y entender el alcance de las soluciones obtenidas.

Se pretende fortalecer y ampliar la planta de investigadores y técnicos del más alto nivel académico en el país.

Objetivos de la Maestría

Realizar un enfoque y tratamiento matemático de problemas planteados en la industria y en las ciencias de la ingeniería, y constituye, por lo tanto, un foco de desarrollo de la investigación aplicada con fuerte base matemática y computacional, y de la investigación en matemática en general.

Formar profesionales capaces de plantear un modelo de un proceso con una formulación matemática, así como determinar las técnicas numéricas necesarias para su resolución y discutir el alcance y relevancia de las soluciones obtenidas.

Brindar al estudiante las herramientas conceptuales y las experiencias complementarias que le permitan desarrollar habilidades analíticas, de expresión oral y escrita, así como aptitudes para desempeñarse adecuadamente dentro del marco de la planificación, asesoramiento, ejecución y supervisión de proyectos

Preparar recursos humanos con capacidad para la investigación y el desarrollo científico y tecnológico.

Aplicar estrategias educativas creativas e innovadoras en el campo científico, tecnológico que impulsen la formación de profesionales capaces de liderar un proyecto.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ
SECRETARÍA GENERAL
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA MATEMÁTICA

DESCRIPCIÓN DE CURSO

Asignatura: ***ANÁLISIS REAL Y COMPLEJO***
Código: 0185 *Créditos: 3*
Horas semanales de clases: 3 *Laboratorio: 0*

Descripción: *Se pretende proporcionar al estudiante unos métodos básicos de análisis de variable real y compleja, para completar la formación adquirida en estas materias y para prepararlos en una ulterior investigación en orden a conseguir, entre otros fines, el grado de Magister.*

Contenido: *Elementos de teoría de la medida. Repaso de teoría de la medida: Conjuntos abiertos y cerrados, conjuntos abiertos y cerrados, conjuntos compactos, funciones continuas, espacios métricos, integración y diferenciación, integral de Lebesgue en R^n, teoría general de media e integración, teoremas de convergencia, Teorema de Fubini, diferenciación de integrales. Espacios Lp: Los espacios Lp, duales de los espacios Lp, operadores acotados en Lp, Diferentes tipos de convergencia. Introducción a los espacios de Banach: Espacios de Banach, los espacios Lp son espacios de Banach, series en espacios de Banach, espacios de Banach de dimension finita. Análisis complejo. Breve repaso del análisis complejo elemental: Funciones de variable compleja, diferenciabilidad compleja, Condiciones de Cauchy-Riemann, integración en el campo complejo, Teoría de Cauchy elemental. Ceros de funciones holomorfas y productos infinitos: Ceros y principio de identidad, comportamiento local de una función holomorfa, productos infinitos, Teorema de factorización de Weierstrass. Transformaciones conformes y generalización del lema de Schwarz: Definición y Propiedades, Transformada de Möbius, funciones elementales como Transformaciones Conformes. Introducción a la teoría geométrica de funciones (Teoremas de Montel y de Picard): Funciones meromorfas, Teorema pequeño de Picard, aproximación de funciones meromorfas por funciones racionales, convergencia uniforme en compactos de funciones analíticas, Teorema de Montel.*

Asignatura: ***ANÁLISIS FUNCIONAL***
Código: 0186 *Créditos: 3*
Horas semanales de clases: 3 *Laboratorio: 0*

Descripción: *En este curso se estudiará la teoría espectral de operadores acotados, compactos y no acotados en espacios de Banach y de Hilbert. De igual modo se estudiará la convergencia débil y fuerte como los espacios de Sobolev.*

Contenidos: *Teoremas fundamentales. Teorema de Hahn-Banach: Forma analítica del Teorema de Hahn-Banach, Teorema de Hahn-Banach en Espacios Normados, consecuencias del Teorema de Hahn-Banach, forma geométrica del Teorema de Hahn-Banach. Teoremas fundamentales del análisis funcional: Equicontinuidad, Teorema de Banach-Steinhaus, Teorema de la Aplicación*

Abierta, Teorema del Grafo Cerrado. Operadores lineales no acotados. Relaciones de ortogonalidad: Ortogonalidad, vectores minimizantes, proyección ortogonal. Operadores no-acotados, noción de adjunto: Extensiones de operadores lineales, el operador adjunto, operadores simétricos. Topologías débiles. Definiciones y propiedades elementales de las topologías débiles: Topología débil, topología débil es separable, base de entornos, convergencia en dimensión finita, topología débil, conjuntos convexos y operadores lineales, espacios reflexivos, espacios separables, espacios uniformemente convexos. Propiedades elementales de los espacios de funciones integrables: Reflexividad, Separabilidad, Dual de Lp, convolución y regularización, criterios de compacidad fuerte en Lp. Espacios de Hilbert. Espacio de Hilbert: Propiedades elementales, Proyección sobre un convexo cerrado, Dual de un espacio de Hilbert, Teorema de Stampacchia, Teorema de Lax-Milgrams, suma hilbertiana, base hilbertiana. Teoría de operadores compactos y descomposición espectral. Operadores compactos: Definición, propiedades elementales, la teoría de Riesz-Fredholm. Descomposición espectral: Espectro de un operador compacto, descomposición espectral de operadores compactos autoadjuntos. Espacios de Sobolev: Espacios de Sobolev y formulación variacional: Definición y propiedades elementales de los espacios de Sobolev, operadores de prolongación, desigualdades de Sobolev, el espacio de Sobolev sobre soporte compacto, formulación variacional de algunos problemas de contorno elípticos, principio del máximo.

Asignatura: ***MÉTODOS NUMÉRICOS PARA ECUACIONES EN DERIVADAS PARCIALES***
Código: 0187 *Créditos: 3*
Horas semanales de clases: 2 *Laboratorio: 1*
Requisito: Análisis Funcional.

Descripción: *Conocer el análisis numérico básico de los métodos esenciales de discretización de las Ecuaciones en Derivadas Parciales más comunes en las ciencias aplicadas. Conocer algún lenguaje de programación científica de alto nivel, y saber aplicarlo a la resolución de las Ecuaciones en Derivadas Parciales estudiadas.*

Contenidos: *Formulación débil de problemas elípticos: Problema variacional abstracto, problema de Dirichlet homogéneo, problema de Neumann homogéneo, problema de Dirichlet no homogéneo, problema de Neumann no homogéneo, problema de contorno asociado a un operador elíptico de segundo orden, deformación elástica de un sólido, aproximación variacional abstracta. Construcción de espacios de Elementos Finitos: Generalidades, método de Galerkin, concepto de elemento finito, elementos finitos de Lagrange, construcción de espacios H1. Análisis numérico del método de elementos finitos: Resultados generales de la aproximación en espacio de Sobolev, aplicaciones a problemas elípticos de segundo orden. Aspectos prácticos y programación del MEF: Un método de elementos finitos para el problema de Poisson, cálculo de la matriz del sistema de ecuaciones, técnicas de mallado, evaluación de soluciones, buenas prácticas y errores comunes con elementos finitos.*

Asignatura: ***MÉTODOS NUMÉRICOS AVANZADOS***
Código: 0188 *Créditos: 3*
Horas semanales de clases: 2 *Laboratorio: 1*

Descripción: *Desarrollar capacidades sobre la metodología y utilización de los métodos* *numéricos para la solución de toda una variedad de problemas lineales y no lineales con contornos irregulares por el método de diferencias finitas, así como un estudio de su consistencia. El curso termina con una ampliación de los conocimientos de mínimos cuadrados.*

Contenidos: *Métodos en diferencias finitas: Presentación y generalidades, aproximación de derivadas de funciones, derivadas de funciones de varias variables, el problema de transporte estacionario en dominios unidimensionales, orden de los esquemas, verificación del principio del máximo discreto, tamaños de paso variables, consideración de coeficientes variables, condiciones de contorno sobre el flujo, coeficientes constantes en dominios rectangulares, esquemas de 5 puntos y de 9 puntos, principio del máximo para el esquema de 5 puntos en cruz, mallados no uniformes, problemas con coeficientes no constantes, tratamiento de dominios no rectangulares, imposición de condiciones de contorno más generales, generalidades sobre el tratamiento de problemas evolutivos, esquemas centrados para la ecuación de difusión evolutiva en una dimensión espacial, consistencia de los esquemas, el principio del máximo, esquemas en diferencias finitas para el tratamiento de problemas convectivos, el esquema "upwind" explícito. Mínimos cuadrados lineales: Introducción, caracterización de las soluciones de los problemas de mínimos cuadrados, Cálculo de las soluciones de mínimos cuadrados, algoritmo de mínimos cuadrados recursivo, condicionamiento de un problema de mínimos cuadrados.*

Asignatura: ***SISTEMAS DINÁMICOS***
Código: 0189 *Créditos: 3*
Horas semanales de clases: 3 *Laboratorio: 0*

Descripción: *El curso busca lograr que los estudiantes adquieran la capacidad de modelar sistemas dinámicos y de analizar sus respuestas dinámicas y estáticas.*

Contenidos: *Conceptos Básicos: Grupos uniparamétricos y EDO, clasificación topológica, el caso R2, campos vectoriales, estructura local de los puntos singulares hiperbólicos, estudio de las singularidades no hiperbólicas, Teorema de la variedad centro, formas normales, Blowing up. Estabilidad y Sistemas Conservativos: Estabilidad y funciones de Lyapunov, otros criterios de estabilidad, sistemas gradientes, sistemas Hamiltonianos. Ciclos Límite y Estabilidad Estructural: Soluciones periódicas. Teorema de Poincaré-Bendixson, revisión del teorema de Poincaré-Bendixson, índice de un punto singular, estabilidad Estructural. El Teorema de Peixoto. Los Ejemplos Típicos: Especies en competencia, el Péndulo, péndulo linealizado con rozamiento, el péndulo sin rozamiento, péndulo sin linealizar y con rozamiento, el oscilador de Van der Pol. Bifurcaciones: Nociones básicas, variedades centrales, estabilidad estructural y teorema de Peixoto, bifurcaciones de puntos de equilibrio, bifurcación de Hopf, bifurcaciones de órbitas periódicas, bifurcaciones homoclínicas, ejemplos. Sistemas Lagrangianos y Hamiltonianos: Cálculo de variaciones, las ecuaciones de Euler-Lagrange, problemas con restricciones, la catenaria, sistemas dinámicos Lagrangianos, Transformación de Legendre, Sistemas Hamiltonianos, el principio variacional para sistemas Hamiltonianos, sistemas con ligaduras holónomas, multiplicadores de Lagrange, ligaduras no holónomas: principio de D'Alembert, ejemplos y ejercicios. Sistemas caóticos: Sistemas caóticos, itinerarios, dinámica simbólica, el solenoide, la herradura de Smale, conjuntos hiperbólicos, exponentes de Lyapunov, atractores caóticos, ejemplos y ejercicios.*

Asignatura: **OPTIMIZACIÓN I**
Código: 0190 Créditos: 3
Horas semanales de clases: 2 Laboratorio: 1
Requisito: Métodos Numéricos Avanzados

Descripción: Este curso tiene por objetivo introducir al alumno en el análisis, modelamiento de los más diversos problemas donde la optimización define un propósito fundamental. Así, se le capacita en la formulación de modelos matemáticos determinísticos y en las principales técnicas para la caracterización y resolución de estos modelos. En especial, se persigue convencer al estudiante de la importancia de poseer un buen dominio de estas técnicas para poder formular y resolver adecuadamente los modelos.

Contenidos: Caracterización de un mínimo: ¿Qué es una solución? ¿Cómo reconocer un mínimo local? ¿Problemas no regulares? Una visión de conjunto de algoritmos: Búsqueda de línea y región de confianza, direcciones de búsqueda, modelos para métodos con región de confianza. Un algoritmo general de descenso. Reglas de búsqueda lineal: Búsqueda lineal esquemática, regla de Wolfe, regla de Goldstein-Price, regla de Armijo. Algoritmo de gradiente. Condicionamiento. Método de Newton y variantes. Método de Newton con región de confianza. Métodos cuasi-Newton: Fórmula de Broyden, Fórmula de Powell, Fórmula de Davidon-Fletcher-Powell, Fórmula de Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno, convergencia de los métodos cuasi-Newton. Métodos de gradiente conjugado: Gradiente conjugado para un criterio cuadrático, Caso de criterios no cuadráticos, Métodos cuasi-Newton con memoria limitada. Mínimos cuadrados no lineales: Método de Gauss-Newton, Métodos con convergencia global.

Asignatura: **OPTIMIZACIÓN II**
Código: 0191 Créditos: 3
Horas semanales de clases: 2 Laboratorio: 1
Requisito: Optimización I

Descripción: Este curso tiene por objetivo introducir al alumno a la optimización bajo incertidumbre mediante programación lineal y métodos de programación entera.

Contenidos: Caracterización de una solución. Condiciones de optimalidad de primer orden, sensibilidad, condiciones de optimalidad de segundo orden, programas convexos. Programación lineal: Aplicación de la programación lineal, programación lineal, definiciones básicas, puntos extremos y soluciones básicas admisibles, resultados fundamentales de programación lineal, el método del simplex. Métodos para la obtención de un punto admisible: Método de variables artificiales, otra técnica de cálculo de una solución admisible. Modelización estocástica: Problemas lineales deterministas, problemas lineales estocásticos, espacios de probabilidad y variables aleatorias, decisiones y tipos de recurso, principio de no anticipatividad, modelo determinista equivalente, modelos estocásticos y propiedades, caracterización de las soluciones estocásticas, introducción al riesgo y sus medidas. Métodos de resolución para programación lineal: Descomposición de Benders, descomposición de Dantzig-Wolfe, relajación lagrangiana, descomposición Primal-Dual, descomposición anidada, descomposición lagrangiana aumentada. Métodos de resolución para programación entera mixta: Branch-and-Bound, *Definiciones y esquema algorítmico, BFC y descomposición lagrangiana para problemas 0-1 mixtos, procedimiento heurístico miope, FRC para programación estocástica entera, metodología heurística de programación dinámica estocástica. Aplicación, planificación a medio plazo de la generación eléctrica: Introducción, planificación de la explotación, papel de la incertidumbre, modelo de planificación de la explotación a medio plazo, caso ejemplo de modelo estocástico. Aplicación: Planificación de la producción bajo incertidumbre: Definición del problema, modelo 0-1 mixto desagregado con recurso total, modelo 0-1 mixto agregado con recurso total. Problema estocástico de rutas de vehículos: Problemas de Rutas de Vehículos Estocásticos, problema de entregas con demandas estocásticas, problemas de recogidas y entregas con demandas estocásticas.*

Asignatura: ***ECUACIONES DIFERENCIALES ESTOCÁSTICAS***
Código: 0192 *Créditos: 3*
Horas semanales de clases: 2 *Laboratorio: 1*
Requisito: Métodos Numéricos para ecuaciones en Derivadas Parciales

Descripción: *Definir la noción de solución de una ecuación diferencial estocástica para luego probar existencia y unicidad de dicha solución y propiedades de las soluciones (dependencia en los parámetros, etc.). Se vera algunas aplicaciones y se hará una breve introducción a la resolución numérica de este tipo de ecuaciones.*

Contenidos: *Motivación y ejemplos: Motivación, el ejemplo fundamental: El movimiento browniano, Ejemplo: Verhulst, Ejemplo: Filtraje. Conceptos básicos de probabilidad y procesos estocásticos: Proceso estocástico, trayectorias, procesos estocásticos Gaussianos, proceso de Wiener o movimiento browniano. El proceso de Wiener: Definiciones, proceso de posición y proceso de velocidad de Ornstein-Uhlenbeck. Modelos para el movimiento browniano: el modelo de Einstein-Smoluchowski, el modelo de Ornstein-Uhlenbeck. Integración estocástica: El problema de Verhulst, Teorema de Banach–Steinhauss, integrales estocásticas elementales, la integral estocástica de Ito. Cálculo estocástico: Cambio de Variable, fórmula de Ito, diferencial estocástica, fórmula de Integración por partes, regla de Barrow. Ecuaciones diferenciales estocásticas. Existencia y unicidad: Definiciones, existencia y unicidad. Métodos numéricos: Método Euler-Maruyamamétodo de Milstein, Orden de Convergencia, método de Euler-Maruyama n−dimensional, método de Milstein n−dimensional.*

Asignatura: ***TEORÍA DE CONTROL***
Código: 0193 *Créditos: 3*
Horas semanales de clases: 2 *Laboratorio: 1*

Descripción: *Este curso provee una introducción al análisis y diseño de sistemas de control para una variedad de aplicaciones. Este provee las bases para un entendimiento intuitivo de como los sistemas de control modifica el desempeño de sistemas físicos.*

Contenidos: *Conceptos básicos: Tipos de sistemas de control, elementos componentes de un sistema de control, variables de un sistema de control, función de transferencia, diagrama funcional. Teoría de control de sistemas lineales: Sistema Lineal, EDO, Sistemas de control, requerimientos generales de un sistema de control, Modelo matemático: función de* *transferencia, Métodos para determinar la Función de Transferencia. Introducción al Control Óptimo: El Principio de Optimalidad, control LQ discreto, control LQ en tiempo continuo, control LQ de Horizonte Infinito, estimador Óptimo, Modelos de sistemas con ruido, filtro de Kalman discreto. El método de programación dinámica: El principio del máximo de Pontryagin, el método de programación dinámica, ejemplos, control Óptimo, la función de valor, el método de programación dinámica, modelo de propaganda de Vidale-Wolfe.*

Asignatura: ***REDES NEURONALES***
Código: T050 *Créditos: 3*
Horas semanales de clases: 3 *Laboratorio: 0*

Descripción: *Este curso introduce a los estudiantes en el conocimiento de las redes neuronales y sus aplicaciones como herramientas alternativas a los métodos de optimización aprendidos en cursos anteriores abriendo así la mente del alumno.*

Contenidos: *Fundamentos de las redes neuronales artificiales: Estructura de un sistema neuronal artificial, modelo de neurona artificial, clasificación de los modelos neuronales, computabilidad neuronal, redes unidireccionales, el perceptrón multicapa, funciones base y activación, estructura de las redes neuronales artificiales. Modelos no supervisadas: Redes de memoria asociativa de pesos fijos, redes de entrenamiento competitivo, modelos de neurona de Kohonen, medidas de similitud, modelos de aprendizaje en mapas autoorganizados. Modelos supervisados: Redes neuronales artificiales basadas en decisiones, redes neuronales artificiales de aproximación/optimización. Lógica difusa: Estructura general de un sistema basado en lógica borrosa, sistema neuro-difusos.*

Asignatura: ***PROYECTO DE INVESTIGACIÓN I***
Código: T953 *Créditos: 6*
Horas semanales de clases: 0 *Laboratorio: 0*

Asignatura: ***PROYECTO DE INVESTIGACIÓN II***
Código: T954 *Créditos: 8*
Horas semanales de clases: 0 *Laboratorio: 0*