

# CONSEJO NACIONAL DE RECTORES

Oficina de Planificación de la Educación Superior

División Académica

## DICTAMEN SOBRE LA PROPUESTA CREACIÓN DE LA MAESTRÍA EN MÉTODOS MATEMÁTICOS Y APLICACIONES DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA



TEC



M.Sc. Alexander Cox Alvarado



*OPES ; no 19-2018*

# CONSEJO NACIONAL DE RECTORES

Oficina de Planificación de la Educación Superior

DIVISIÓN ACADÉMICA

## DICTAMEN SOBRE LA PROPUESTA CREACIÓN DE LA MAESTRÍA EN MÉTODOS MATEMÁTICOS Y APLICACIONES DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

M.Sc. Alexander Cox Alvarado



*OPES ; no 19-2018*

378.728.6  
C877d

Cox Alvarado, Alexander

Dictamen sobre la propuesta de creación de la maestría en métodos matemáticos y aplicaciones de la Universidad de Costa Rica / Alexander Cox Alvarado. -- San José, C.R. : CONARE - OPES, 2018.  
29 p. ; 28 cm. -- (OPES ; no. 19-2018).

ISBN 978-9977-77-270-7

1. MATEMÁTICAS - MÉTODOS 2. MATEMÁTICAS - APLICACIONES. 3. OFERTA ACADÉMICA. 4. DOCTORADO UNIVERSITARIO. 5. PLAN DE ESTUDIOS. 6. PERFIL PROFESIONAL. 7. PERSONAL DOCENTE. 8. UNIVERSIDAD NACIONAL. I. Título. II. Serie.

EBV



## PRESENTACIÓN

El presente estudio (OPES; no.19-2018) es el dictamen sobre la propuesta de creación de la *Maestría en Métodos Matemáticos y Aplicaciones* de la Universidad de Costa Rica.

El dictamen fue realizado por el M.Sc. Alexander Cox Alvarado, Investigador IV de la División Académica de la Oficina de Planificación de la Educación Superior (OPES), con base en el documento *Propuesta de Maestría en Métodos Matemáticos y Aplicaciones*, elaborado por la Escuela de Matemática. La revisión del documento estuvo a cargo del Mag. Fabio Hernández Díaz, Jefe de la División citada.

El presente dictamen fue aprobado por el Consejo Nacional de Rectores en la sesión 15-2018, artículo 5, inciso b, celebrada el 5 de junio de 2018.



Eduardo Sibaja Arias  
Director de OPES

**DICTAMEN SOBRE LA PROPUESTA DE CREACIÓN DE LA  
MAESTRÍA EN MÉTODOS MATEMÁTICOS Y APLICACIONES DE LA  
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

*Índice*

	Página
1. Introducción	1
2. Datos generales	2
3. Justificación y desarrollo académico en el campo de la Maestría propuesta	2
4. Propósitos del posgrado	3
5. Perfil académico-profesional	4
6. Requisitos de ingreso	5
7. Requisitos de graduación	7
8. Listado de las actividades académicas del posgrado	7
9. Descripción de las actividades académicas del posgrado	7
10. Correspondencia del equipo docente con las actividades del académicas	7
11. Autorización de la unidad académica para impartir posgrados	8
12. Conclusiones	8
13. Recomendaciones	8
Anexo A: Plan de estudios de la Maestría en Métodos Matemáticos y Aplicaciones de la Universidad de Costa Rica	9
Anexo B: Programas de los cursos de la Maestría en Métodos Matemáticos y Aplicaciones de la Universidad de Costa Rica	12
Anexo C: Profesores de los cursos de la Maestría en Métodos Matemáticos y Aplicaciones de la Universidad de Costa Rica	23
Anexo D: Profesores de los cursos de la Maestría en Métodos Matemáticos y Aplicaciones de la Universidad de Costa Rica y sus grados académicos	26

## 1. Introducción

La solicitud para impartir la *Maestría en Métodos Matemáticos y Aplicaciones* en la Universidad de Costa Rica (UCR) fue solicitada al Consejo Nacional de Rectores por medio de su Rector Dr. Henning Jensen Pennington, en nota R-2402-2018, recibida en CONARE el 19 de abril, con el objeto de iniciar los procedimientos establecidos en el documento *Lineamientos para la creación de nuevas carreras o la modificación de carreras ya existentes*<sup>1</sup>.

Cuando se proponen posgrados nuevos, como es este caso, se utiliza lo establecido en los Lineamientos mencionados, los cuales señalan los siguientes temas, que serán la base del estudio realizado por la OPES para autorizar los programas de posgrado propuestos:

- Datos generales.
- Justificación del posgrado.
- El desarrollo académico en el campo de estudios en que se enmarca el posgrado.
- Propósitos del posgrado.
- Perfil académico-profesional.
- Requisitos de ingreso y de permanencia.
- Requisitos de graduación.
- Listado de las actividades académicas del posgrado.
- Descripción de las actividades académicas del posgrado .
- Correspondencia del equipo docente con las actividades académicas.
- Autorización para impartir posgrados.

A continuación, se analizarán cada uno de estos aspectos.

## 2. Datos generales

La unidad académica base de la Maestría en Métodos Matemáticos y Aplicaciones será la Escuela de Matemática. La duración total de la maestría será de cuatro ciclos de dieciséis semanas cada uno y se impartirán dos ciclos al año. Se abrirá la matrícula cada dos años y se ofrecerá de forma indefinida. La modalidad de la maestría será profesional.

Se otorgará el diploma de *Maestría Profesional en Métodos Matemáticos y Aplicaciones*.

## 3. Justificación y desarrollo académico en el campo de la Maestría propuesta

A continuación se presenta un extracto de la justificación presentada por la Universidad de Costa Rica:

“En las últimas décadas se ha observado una tendencia mundial hacia la aplicación masiva de modelos matemáticos existentes, tendencia que a la vez ha impulsado la proliferación de nuevos modelos y ha impactado de manera importante la creación de nuevo conocimiento teórico en esta disciplina. Este auge de la matemática aplicada, se ve explicado por la relativa facilidad que existe para el cómputo con grandes volúmenes de datos y las simulaciones de gran número de escenarios, debido a la disponibilidad de recursos tecnológicos cada vez más eficientes. El impacto ha sido notorio en diversas áreas de las ciencias básicas y sociales, así como en los sectores productivos y financieros. En particular se han dado grandes avances en tecnologías espaciales, economía, finanzas, análisis estadístico, investigación de operaciones, e imagenología médica.

A pesar del pujante desarrollo a nivel mundial del uso de la modelación matemática en el sector productivo y financiero, el uso de modelos matemáticos a nivel nacional en estos sectores es apenas incipiente. En la última década se ha observado como algunas entidades financieras, tanto gubernamentales como privadas, se interesan cada vez más en contratar personal con una sólida formación matemática, o de capacitar en matemática al personal que ya tienen contratado para que mejore su desempeño.

En el año 2004 el Programa de Posgrado en Matemática acoge a la primera generación de estudiantes en la Maestría Profesional en Matemática con énfasis en Matemática Aplicada, con el objetivo de proporcionar una oferta académica que atienda la necesidad surgida en los sectores financieros y productivos de contar con profesionales con un mayor conocimiento de modelación matemática. Desde su concepción esta maestría fue diseñada para dotar a profesionales de áreas diferentes a la matemática de una formación en los modelos y métodos matemáticos, que les permita resolver problemas específicos de su área profesional.

A lo largo de sus trece años de funcionamiento se han hecho pequeñas modificaciones a los cursos y al proceso nivelatorio, la experiencia acumulada a la fecha demuestra que se debe

de hacer un rediseño completo del plan de estudios acompañado de un cambio en el nombre del posgrado.

En primer lugar en las primeras generaciones se observó que a pesar de que un buen número de personas mostraban interés en el programa y solicitaban admisión al mismo, muy pocas personas lograban aprobar los cursos de nivelación. Inicialmente el proceso nivelatorio constaba de cuatro cursos, los cuales debían de ser aprobados por los estudiantes en dos semestres. De las 88 personas admitidas desde el 2004 hasta el 2010, sólo 18 personas aprobaron todos los cursos establecidos en la nivelación. Los resultados de los primeros dos ciclos nivelatorios mostraron que la mayoría de los estudiantes no lograba asimilar la cantidad de contenidos establecida en este corto período de tiempo, y que los primeros dos cursos definían claramente quienes tenían las habilidades necesarias para cursar satisfactoriamente el plan de estudios. Por esta razón el proceso nivelatorio se redujo a sólo dos cursos, incorporando varios de los temas de los dos cursos eliminados a los cursos regulares del plan de estudios. Este cambio resulto en una mayor aprobación del proceso nivelatorio por parte de las últimas dos generaciones, de hecho de las 18 personas admitidas desde el 2011 un total de 10 lograron culminar la nivelación exitosamente.

También se observó que el hecho de que no existieran cursos obligatorios, resultaba en una gran dispersión de los estudiantes en los cursos y en un perfil de salida muy dispar entre las diferentes generaciones. Después de varias discusiones a lo interno de la comisión del Programa de Posgrado en Matemática, se logró definir seis cursos que conforman el tronco común del currículum y que aseguran una formación básica en matemática aplicada

Finalmente se decidió cambiar el nombre del plan de estudios para que reflejara de forma más fiel la orientación del programa y diferenciarlo claramente de los otros planes de estudio con que cuenta el Programa.

Los graduados de este plan de estudios han sido muy cotizados en el mercado, al punto que dos de ellos fueron trasladados por sus compañías a puestos en Norteamérica.”<sup>2</sup>

#### 4. Propósitos del posgrado

##### Objetivo general:

Formar profesionales que puedan desempeñarse en labores de planeamiento, dirección, asesoramiento y ejecución de proyectos de modelación matemática.



## 5. Perfil académico-profesional

El perfil de salida del profesional en Métodos Matemáticos y Aplicaciones es tal que el graduado debe alcanzar las siguientes competencias generales y específicas.

### Conocimientos

- Comprende los conceptos básicos de la matemática aplicados en las áreas de probabilidad, estadística matemática, análisis de datos, optimización, métodos numéricos y ecuaciones diferenciales.
- Comprende las condiciones bajo las cuales es factible aplicar los modelos que se derivan de los conceptos avanzados de la matemática aplicados en las áreas de probabilidad, estadística matemática, análisis de datos, optimización, métodos numéricos y ecuaciones diferenciales.

### Habilidades

- Aplica los conocimientos adquiridos para resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- Traduce los problemas cuantitativos con los que se enfrenta en su labor cotidiana a un modelo matemático, siendo capaz de escoger el tipo de modelo apropiado a las características del problema.
- Identifica patrones y estructuras a través de la observación y el análisis de las relaciones matemáticas, de tal forma que pueda desarrollar nuevas estrategias de resolución de los problemas.
- Integra conocimientos para modelar problemas cuantitativos a partir de información limitada.
- Analiza de forma crítica los modelos utilizados comúnmente en los sectores productivos y financieros.
- Interpreta los modelos matemáticos en términos reales de tal forma que profesionales de otras áreas puedan comprender los resultados obtenidos.
- Comunica sus conclusiones a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

## Actitudes

- Procede de manera ética al hacer uso de sus habilidades técnicas y morales en la utilización e interpretación de los resultados obtenidos por los modelos.
- Reconoce el trabajo en equipo interdisciplinario como la mejor alternativa para abordar los problemas cuantitativos con los que se enfrenta en su labor cotidiana
- Reconoce la necesidad de crear una cultura, en los sectores financieros y productivos, de un almacenamiento apropiado de los datos en formatos accesibles para su uso en distintas instancias de la modelación matemática y para la toma de decisiones.
- Reconoce la importancia de actualizar constantemente sus conocimientos.

La División Académica de la Oficina de Planificación de la Educación Superior considera que el perfil profesional, de forma general, se adecúa a resultados de aprendizaje esperados establecidos en el Marco Centroamericano de Cualificaciones para el grado de Maestría <sup>3</sup>

## 6. Requisitos de ingreso

- Según la Universidad de Costa Rica, los requisitos de ingreso son los siguientes:
- Poseer un bachillerato o licenciatura universitaria en Matemática, Ciencias Actuariales, Economía, Estadística, Ingeniería, Educación Matemática, Enseñanza de la Matemática o Ciencias de la Computación.
- Conocimiento instrumental del idioma inglés.
- Demostrar conocimientos en las áreas que se especifican a continuación:

### Álgebra Lineal:

- Espacios Vectoriales: combinaciones lineales, independencia lineal, subespacios, bases y dimensión. Análisis de los casos de  $\mathbb{R}^n$  y los espacios de funciones de variable real, especialmente las funciones continuas y derivables.
- Matrices y Transformaciones Lineales: Álgebra de las matrices cuadradas y de las transformaciones lineales, identificación por medio de las bases canónicas. Polinomio característico, espacios característicos y valores propios. Matrices simétricas y

formas cuadráticas, valores propios y signatura. Espacios con producto interno, diagonalización y ortodiagonalización de las matrices simétricas.

Análisis:

- Los números reales: axiomas de campo, axiomas de orden, el axioma del extremo superior, densidad de  $\mathbb{Q}$  en  $\mathbb{R}$ .
- Límites de funciones: concepto intuitivo y definición formal, límites laterales, teoremas básicos, límites infinitos y límites al infinito.
- Continuidad: concepto intuitivo, definición y teoremas básicos, Teorema del máximo para funciones continuas en intervalos compactos, el Teorema de los valores intermedios, definición de continuidad uniforme.
- Derivación: definición e interpretación geométrica, derivadas de sumas, productos y cocientes, regla de la cadena, derivada de la función inversa, Teorema del valor medio y sus implicaciones.
- Sucesiones y series: definición de convergencia y la condición de Cauchy, sucesiones monótonas. Convergencia de series numéricas, series de términos positivos, criterios de convergencia, convergencia absoluta. Series de potencias.

El conocimiento en las áreas de matemática mencionadas y de manejo instrumental del inglés se puede demostrar por medio de la aprobación de cursos universitarios regulares, cursos de nivelación ofrecidos por el posgrado, exámenes de ubicación, o mediante la presentación de atestados que certifiquen la aprobación de cursos en el área. El Comité de Admisiones del Programa resolverá la admisión de cada estudiante, así como cuales cursos de nivelación deberá llevar, en caso de ser necesario para aquellos estudiantes que no tengan una adecuada formación en Matemática.

Además, los estudiantes deberán disponer de medio tiempo para la maestría y cumplir con los requisitos de índole administrativa que indique la UCR. La permanencia en la Maestría está determinada por lo que establece al respecto el Reglamento del Sistema de Estudios de Posgrado de la Universidad de Costa Rica.

## 7. Requisitos de graduación

Se establece como requisito de graduación aprobar todas las materias y actividades establecidas en el plan de estudios, incluyendo la presentación del proyecto final de investigación aplicada. Además, los estudiantes deberán cumplir con los requisitos administrativos señalados por la UCR.

## 8. Listado de las actividades académicas del posgrado

El plan de estudios de la Maestría se presenta en el Anexo A. Las actividades del plan de estudios se pueden categorizar de la siguiente manera:

- Seis asignaturas obligatorias de cinco créditos.
- Cuatro asignaturas optativas de cinco créditos, seleccionadas de acuerdo con lo establecido en el Anexo A.
- Dos pasantías profesionales de cinco créditos cada una. Estas dos pasantías profesionales consisten en el desarrollo de un proyecto de aplicación de los conocimientos adquiridos en los cursos de la carrera, dentro de una empresa o institución. El desarrollo del proyecto debe ser aprobado por el profesor consejero del estudiante y avalado por la Comisión del Programa.

El total de créditos es de 60. Todas las normativas vigentes para los cursos y para el grado y modalidad profesional de Maestría se cumplen.

## 9. Descripción de las actividades académicas del posgrado

Los programas de los cursos y demás actividades académicas se muestran en el Anexo B.

## 10. Correspondencia del equipo docente con las actividades académicas.

Los requerimientos mínimos para el personal docente que participa en una maestría son los siguientes:

- El personal académico debe poseer al menos el nivel académico de Maestría debidamente reconocido y equiparado.
- Los profesores deben tener una dedicación mínima de un cuarto de tiempo al posgrado.

Los profesores de los cursos de la Maestría en Métodos Matemáticos y Aplicaciones son los que se indican en el Anexo C. En el Anexo D se indica el título y grado del diploma respectivo de posgrado de cada uno de los docentes. Todas las normativas vigentes se cumplen.

#### 11. Autorización de la unidad académica para impartir posgrados

La Escuela de Matemática fue creada en 1972, aunque desde la creación de la Universidad se han impartido cursos de Matemáticas. Desde 1957 se imparte de forma permanente la carrera de Enseñanza de Matemáticas, primero con el Profesorado en Matemática, y luego el Bachillerato y la Licenciatura en Enseñanza de las Matemáticas, y luego se ha impartido la carrera de Bachillerato y Licenciatura en Matemáticas. En 1979, el CONARE aprobó la creación de la Maestría en Matemáticas.

#### 12. Conclusiones

La propuesta cumple con la normativa aprobada por el CONARE en el *Convenio para crear una nomenclatura de grados y títulos de la Educación Superior Estatal*, en el *Convenio para unificar la definición de crédito en la Educación Superior* y con los procedimientos establecidos por el documento *Lineamientos para la creación de nuevas carreras o la modificación de carreras ya existentes*<sup>1</sup>.

#### 13. Recomendaciones

Con base en las conclusiones del presente estudio, se recomienda lo siguiente:

- Que se autorice a la Universidad de Costa Rica para que imparta la *Maestría en Métodos Matemáticos y Aplicaciones*.
- Que la Universidad de Costa Rica realice evaluaciones internas durante el desarrollo del posgrado.

---

1) Aprobado por el Consejo Nacional de Rectores en la sesión N°27-2013, artículo 3, inciso g) y h), celebrada el 22 de octubre de 2013.  
2) Universidad de Costa Rica, Plan de estudios de la Maestría en Métodos Matemáticos y Aplicaciones, 2018.  
3) Aprobada por el CONARE en la sesión 19-03, artículo 2, inciso c), del 17 de junio de 2003.  
4) Aprobada por el CONARE en la sesión del 10 de noviembre de 1976.

**ANEXO A**

**PLAN DE ESTUDIOS DE LA MAESTRÍA EN MÉTODOS MATEMÁTICOS Y APLICACIONES  
DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

## ANEXO A

### PLAN DE ESTUDIOS DE LA MAESTRÍA EN MÉTODOS MATEMÁTICOS Y APLICACIONES DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

---

<b>SEMESTRE Y CURSO</b>	<b>CRÉDITOS</b>
<u>Primer semestre</u>	<u>15</u>
Introducción al análisis real	5
Análisis de datos I	5
Probabilidad aplicada	5
<u>Segundo semestre</u>	<u>15</u>
Programación Matemática I	5
Estadística Matemática I	5
Álgebra lineal numérica	5
<u>Tercer semestre</u>	<u>15</u>
Optativa I	5
Optativa II	5
Pasantía profesional I	5
<u>Cuarto semestre</u>	<u>15</u>
Optativa III	5
Optativa IV	5
Pasantía profesional II	5
<b><i>Total de créditos de la Maestría</i></b>	<b>60</b>

---

Los cuatro cursos optativos deben elegirse entre los siguientes bloques, de tal forma que se aprueben al menos la cantidad de cursos indicados para cada uno de dichos bloques:

Probabilidad (dos cursos)

Procesos estocásticos  
Cálculo Estocástico  
Análisis Matemático del Riesgo

Análisis de datos (dos cursos)

Análisis de datos II  
Análisis de datos III  
Análisis simbólico de datos

Optimización (dos cursos)

Programación Matemática II  
Programación Matemática III

Métodos numéricos en ecuaciones diferenciales (tres cursos)

Ecuaciones Diferenciales Ordinarias  
Ecuaciones Diferenciales en Derivadas Parciales  
Métodos Numéricos para Ecuaciones Derivadas Parciales

Estadística matemática (dos cursos)

Estadística matemática II  
Modelos Lineales  
Series de tiempo



**ANEXO B**

**PROGRAMAS DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN MÉTODOS MATEMÁTICOS Y  
APLICACIONES DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

## ANEXO B

### **PROGRAMAS DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN MÉTODOS MATEMÁTICOS Y APLICACIONES DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

Nombre del curso: Introducción al análisis real

Créditos: 5

Objetivos generales:

- Fomentar el buen uso del lenguaje lógico matemático, como requisito fundamental en el desempeño profesional del estudiante.
- Desarrollar destrezas en el planteo y resolución de problemas de diversa naturaleza, para que el estudiante vea las matemáticas no solo como una ciencia con importancia intrínseca, sino como una valiosa fuente de herramientas para la resolución de problemas en diferentes áreas.
- Obtener los conocimientos básicos del cálculo vectorial (diferencial e integral), para que el estudiante los incluya como parte primordial de su formación profesional.

Temática resumida (contenidos)

- Introducción a la topología de  $\mathbb{R}^n$ .
- Convergencia y continuidad en  $\mathbb{R}^n$ . Sucesiones en  $\mathbb{R}^n$ . Límites de funciones y límites iterados. Funciones continuas. Funciones lineales.
- Diferenciabilidad en  $\mathbb{R}^n$ . Regla de la cadena. Teorema del valor medio. Derivadas parciales de orden superior. El Teorema de Taylor. Diferenciales de orden superior. Extremos en puntos interiores. Puntos críticos y extremos locales. Teorema de la Función Inversa. Extremos en puntos frontera. Teorema de la Función Implícita.
- Integrabilidad en  $\mathbb{R}^n$ . Volumen de un conjunto. La integral de Riemann en  $\mathbb{R}^n$ . Integrales Iteradas.
- Cambio de Variables. Cambios de variable de uso común. Derivación bajo el signo integral.

Nombre del curso: Álgebra lineal numérica

Créditos: 5

Objetivo general:

Introducir al estudiante al estudio de los principales algoritmos para realizar cálculos de álgebra lineal, en particular las operaciones con matrices.

Temática resumida (contenidos):

- Preliminares de Álgebra lineal numérica
- Descomposición en valores singulares (DVS).
- Factorización QR
- Estabilidad

- Sistemas de ecuaciones lineales
- Valores y vectores propios
- Métodos iterativos

Nombre del curso: Análisis de datos I

Créditos: 5

Objetivo general:

El estudiante deberá conocer a profundidad los principales métodos de reducción de la dimensión de los problemas estadísticos multivariados, tanto factoriales como de clasificación.

Temática resumida (contenidos):

- Repaso de estadística descriptiva. Introducción a la programación en R.
- Introducción al análisis multidimensional de datos: Individuos y variables; tablas de datos; espacios vectoriales asociados; métricas; esquema de dualidad.
- Análisis en componentes principales: Objetivos; solución; interpretación de resultados; rotaciones.
- Análisis de correspondencias simples: Nubes de perfiles; solución; propiedades; ejemplos.
- Análisis de correspondencias múltiples: Tabla disyuntiva completa; solución; propiedades; ejemplos.
- Clasificación automática: Objetivos; métodos jerárquicos; métodos de particionamiento: k-medias.
- Análisis discriminante: Objetivos; método factorial; método bayesiano; funciones de asignación.
- Regresión: Regresión lineal; problema de colinealidad y selección de variables; regresión no lineal; regresión PLS.
- Tablas Múltiples: Contexto, Método Statis, método Statis Dual, Análisis Factorial Múltiple; aplicaciones; Análisis Canónico.

Nombre del curso: Análisis de datos II

Créditos: 5

Objetivo general:

Introducir al estudiante en los problemas de clasificación y de discriminación, y estudiar diferentes métodos en estos campos. Además, se compararan los métodos y se harán numerosas aplicaciones.

Temática resumida (contenidos):

- Conceptos en Modelos Predictivos
- Lenguaje de Programación R
- El método de los k---vecinos más cercanos (KNN)
- Redes Neuronales para discriminación y clasificación.
- Árboles de Decisión (Método CART)
- Regresión Logística
- Regresión PLS

- Análisis Discriminante y Métodos Bayesianos
- Máquinas de Soporte Vectorial
- Métodos de consenso (Ensemble methods)
- Calibración y selección de modelos descriptivos y predictivos

Nombre del curso: Análisis de datos III

Créditos: 5

Objetivo general:

Ampliar el estudio de los temas avanzados en Análisis de Datos e introducirse en problemas de la optimización de los métodos.

Temática resumida (contenidos):

- Análisis de tablas múltiples, Análisis canónico, método Statis, análisis factorial múltiple.
- Particionamiento y optimización, Tablas de datos simuladas, uso de metaheurísticas de optimización, comparación de métodos, validación de particiones.
- Clasificación bimodal, Intercambios alternados; k-medias; heurísticas de optimización.
- Regresión, Regresión lineal, selección de parámetros, regresión no lineal, uso de metaheurísticas de optimización.
- Escalamiento multidimensional, Escalamiento clásico, escalamiento métrico, métodos para evitar óptimos locales, uso de metaheurísticas de optimización.
- Métodos simbólicos, Objetos simbólicos; análisis de datos tipo histograma, análisis de datos tipo intervalo.
- Métodos neuronales, Redes neuronales; perceptrón y retropropagación de gradiente; clasificación.

Nombre del curso: Análisis simbólico de datos

Créditos: 5

Objetivo general:

Que el estudiante adquiera los conocimientos y destrezas en métodos y técnicas del análisis de datos simbólicos, tanto en métodos exploratorios como en métodos predictivos.

Temática resumida (contenidos):

- Introducción a los datos simbólicos
- Estadísticas descriptivas básicas sobre datos simbólicos
- Métodos de regresión para datos de tipo intervalo
- Análisis en Componentes Principales para datos de tipo intervalo
- Análisis en Componentes Principales para datos de tipo histograma
- Mutidimensional Scaling para datos de tipo intervalo
- Clasificación automática
- Métodos predictivos simbólicos

Nombre del curso: Estadística Matemática I

Créditos: 5

Objetivo general:

Estudiar los conceptos básicos de la Estadística clásica paramétrica y la Estadística Bayesiana, así como algunas herramientas del análisis exploratorio de datos.

Temática resumida (contenidos):

- Análisis Exploratorio de Datos. Preparación de datos. Herramientas gráficas de análisis.
- Introducción a la Teoría de la Decisión. Concepto de Admisibilidad.
- Suficiencia y Suficiencia Minimal. Teorema de Factorización y Teorema de Rao-Blackwell.
- Estadísticos ancilares. Estimación insesgada. Estimadores UMVU.
- Cotas de varianza. Información de Fisher. Cota de Cramér-Rao.
- Estimación Bayesiana. Familias conjugadas.
- Estimador de Bayes Empírico. Estimador de James-Stein.
- Método de Momentos. Estimación por Máxima Verosimilitud (MLE).
- Consistencia y comportamiento asintótico del MLE.
- Intervalos de Confianza. Caso asintótico del MLE.
- Pruebas de hipótesis. Lemma de Neyman-Pearson. Pruebas UMP. Pruebas de dos colas. Pruebas UMPU.
- Pruebas de cociente de verosimilitud y Teorema de Wilks. Factores de Bayes.

Nombre del curso: Estadística Matemática II

Créditos: 5

Objetivo general:

Estudiar las principales técnicas de la estadística asintótica, no paramétrica y el aprendizaje estadístico a través de la generalización de la teoría inferencial aprendida en Estadística Matemática I y la aplicación del lenguaje estadístico R en problemas reales y simulados.

Temática resumida (contenidos):

- Repaso de convergencia de variables aleatorias.
- Teoremas de Slutsky. Método Delta. Distribución del coeficiente de correlación muestral.
- Prueba Pearson de  $\chi^2$ . Normalidad asintótica del MLE.
- Normalidad asintótica de distribuciones posteriores.
- Distribución asintótica del estadístico LRT. Pruebas de hipótesis asintóticas.
- Fundamentos de Estadística no-paramétrica: Estimadores de densidad por kernels.
- Fundamentos de Estadística no-paramétrica: Estimadores de densidad por kernels y estimadores por validación cruzada.
- Fundamentos de Estadística no-paramétrica: Bootstrap y Jackknife.
- Aprendizaje Supervisado cuantitativo: Regresión Lineal Simple y Múltiple. Estimación de parámetros y prueba F.

- Regresión Lineal Simple y Múltiple. Diagnóstico de supuestos y extensiones.
- Clasificación Binaria: Regresión Logística Simple y Múltiple.
- Regresión Logística. Curvas ROC. Clasificación a través de Análisis Discriminante Lineal.
- Métodos de selección de variables y regularización.
- Clasificación a través de Máquinas de Soporte Vectorial. Clasificador de margen maximal.
- Máquinas de Soporte vectorial.
- Introducción al Aprendizaje No-Supervisado: Análisis en Componentes Principales.

Nombre del curso: Modelos Lineales

Créditos: 5

Objetivo general:

Dotar al estudiante de los principios fundamentales de los modelos clásicos de regresión lineal y modelos lineales generalizados.

Temática resumida (contenidos):

- Regresión lineal múltiple: estimación e inferencia. Pruebas t y F. Intervalos de predicción y confianza.
- Problemas de especificación del modelo de regresión múltiple. Diagnósticos.
- ANOVA de uno y dos factores. Caso balanceado y no balanceado.
- Modelo lineal generalizado. Estimación por máxima verosimilitud. Inferencia.
- Generalización del modelo de regresión lineal múltiple: Modelo lineal normal.
- Modelos para datos binarios: regresión logística nominal y regresión logística ordinal.
- Regresión Poisson y modelos de tablas de contingencia (modelos log-lineales).
- Ajuste por sobredispersión. Modelo Binomial Negativo y modelos ajustados por exceso de ceros.

Nombre del curso: Series de Tiempo

Créditos: 5

Objetivo general:

Lograr que los estudiantes aprendan a usar, de manera crítica, diferentes métodos de predicción con series de tiempo.

Temática resumida (contenidos):

- Serie estacionaria, caminata aleatoria, tendencia, autocorrelación
- Modelos autoregresivos, modelado de Box -Jenkins, MA, ARMA.
- Modelación de componente estacional.
- Estimación e inferencia de modelos estacionales y estacionarios.
- Modelos heterocedásticos: GARCH.
- Análisis espectral de series de tiempo.
- Estimación bayesiano de series de tiempo.
- Modelos de espacio-estado. Filtro de Kalman. Modelos ARMAX.
- Modelos de Volatilidad Estocástica.

Nombre del curso: Ecuaciones Diferenciales Ordinarias

Créditos: 5

Objetivo general:

Que el estudiante comprenda métodos de solución y representación de la teoría clásica de ecuaciones diferenciales ordinarias, dentro de una perspectiva matemática formal.

Temática resumida (contenidos):

- El método de Picard para ecuaciones diferenciales de orden uno.
- Soluciones por series de potencias
- Algunas funciones especiales
- Sistemas de ecuaciones diferenciales de orden uno
- Ecuaciones diferenciales no lineales

Nombre del curso: Ecuaciones Diferenciales en Derivadas Parciales

Créditos: 5

Objetivo general:

El estudiante comprenda los métodos de resolución y representación de las soluciones de las ecuaciones en derivadas parciales clásicas, así como el comportamiento de dichas soluciones.

Temática resumida (contenidos):

- Ecuaciones diferenciales parabólicas
- Ecuaciones diferenciales hiperbólicas.
- Ecuaciones diferenciales elípticas

Nombre del curso: Métodos Numéricos en Ecuaciones Derivadas Parciales

Créditos: 5

Objetivo general:

Introducir al estudiante al estudio de los principales algoritmos para aproximar soluciones de Ecuaciones Diferenciales.

Temática resumida (contenidos):

- Aproximación de polinomios. Cuadratura de Gauss. Polinomios de Chebyshev.
- Ecuaciones diferenciales ordinarias.
- Ecuaciones diferenciales parciales.
- Ecuaciones diferenciales hiperbólicas.

Nombre del curso: Probabilidad Aplicada

Créditos: 5

Objetivo general:

El estudiante deberá dominar las principales propiedades de los espacios discretos de probabilidad y de las distribuciones discretas y continuas comúnmente usadas en aplicaciones. Se pretende que el estudiante valore la teoría de probabilidad como herramienta básica en aplicaciones de la matemática, y sea capaz de usarla en la resolución de problemas prácticos.

Temática resumida (contenidos):

- Probabilidad en espacios discretos
- Introducción a la combinatoria: Permutaciones simples, permutaciones con objetos repetidos, arreglos de objetos en cajas ordenadas, coeficientes binomiales y multinomiales, particiones de conjuntos.
- Espacios de probabilidad en espacios de muestreo finitos.
- Espacios de probabilidad en espacios de muestreo contables.
- Probabilidad condicional e independencia.
- Variables aleatorias discretas.
- Variables aleatorias continuas.
- Funciones conjuntas de distribución.
- Propiedades de la esperanza y la covarianza.
- Función característica y función generadora de momentos.
- Propiedades de la función característica y generadora de momentos.
- Teoremas límite.

Nombre del curso: Procesos estocásticos

Créditos: 5

Objetivo general:

El estudiante deberá de dominar las principales propiedades de algunas clases de procesos estocásticos en tiempo discreto y continuo que son relevantes para la modelización estocástica

Temática resumida (contenidos):

- Procesos estocásticos con valores discretos.
- Procesos estocásticos con valores reales.



Nombre del curso: Cálculo Estocástico

Créditos: 5

Objetivo general:

Familiarizar al estudiante con la teoría de cálculo estocástico de tal forma que pueda aplicarla a la resolución de problemas en finanzas.

Temática resumida (contenidos):

- Repaso de procesos estocásticos
- Integración estocástica
- Fórmula de Ito
- Ecuaciones diferenciales estocásticas
- Propiedad de Markov
- Generado y ecuación hacia atrás
- Feynman-Kac y Girsanov
- Fórmula de Black-Scholes
- Arbitraje
- Valoración de opciones
- Conceptos de tasas de interés
- Numerarios
- Modelos homogéneos clásicos de un factor
- Modelo de Hull-White

Nombre del curso: Análisis Matemático del Riesgo

Créditos: 5

Objetivo general:

Que el estudiante conozca y domine la teoría básica de medición de riesgo financiero para que pueda aplicar los conocimientos obtenidos en la carrera en esta área. Nótese que el énfasis es en los métodos cuantitativos para la medición de riesgo y no en la gestión del mismo.

Temática resumida (contenidos):

- Valor en Riesgo
- Modelo Delta-Normal
- Volatilidad
- Modelos de tasas de interés
- Modelos de simulación Montecarlo
- Implementación de simulación
- Riesgo de Crédito
- Calificaciones y probabilidades de impago
- CreditRisk+
- Riesgo operativo: Frecuencia
- Severidad

Nombre del curso: Programación Matemática I

Créditos: 5

Objetivo general:

El curso está diseñado para que el estudiante domine las bases técnicas de la optimización estática que se utilizan en distintas áreas de aplicación de las matemáticas, como la economía, finanzas, ingeniería, entre otras. El estudiante aprenderá técnicas clásicas y modernas de optimización multivariada con restricciones generales, incluyendo programación no lineal y lineal, teoría de la dualidad y teoría de juegos. La teoría vista en clase se complementará en la medida de lo posible con ejemplos prácticos que muestren al estudiante la aplicación de los principios en problemas y modelos en microeconomía, econometría, riesgo financiero, entre otros.

Temática resumida (contenidos):

- Optimización sin restricciones, concavidad y cuasiconcavidad, Optimización sin restricciones. Conceptos topológicos, teorema de valores extremos. Criterio necesario de primer y segundo orden para la existencia de óptimos locales. Convexidad, conjunto convexo, teoremas de separación, función convexa, subgradientes, teoremas de optimalidad global en convexidad, función cuasiconvexa, criterios de primer y segundo orden para caracterizar concavidad y cuasiconcavidad. Discusión de algoritmos clásicos de optimización sin restricciones.
- Optimización con restricciones de igualdad y desigualdad, Optimización con restricciones de igualdad y desigualdad: programación no lineal. Teoría de Karush-Kuhn-Tucker (KKT), Lagrangiano, multiplicadores de Lagrange y su interpretación económica. Teoremas de suficiencia. El caso cóncavo y cuasicóncavo. Conceptos básicos de dualidad convexa. Discusión de algunos métodos para resolver problemas con restricciones.
- Programación lineal, Forma canónica, estándar, región de soluciones factibles, puntos extremos, bases. Teoría de dualidad y problemas duales, teoremas fundamentales, análisis de sensibilidad e interpretación económica. Discusión de algunos métodos para resolver problemas de programación lineal. Aplicaciones.
- Teoría de juegos, Preferencias, utilidad, agente racional, riesgo e incertidumbre, utilidad esperada, posturas ante el riesgo. Principios de optimalidad multiobjetivo, optimalidad de Pareto. Juegos de forma normal con estrategias puras. Juegos finitos de dos jugadores y su representación matricial. Equilibrio de Nash con estrategias puras. Aplicaciones.

Nombre del curso: Programación Matemática II

Créditos: 5

Objetivo general:

El curso está diseñado para que el estudiante domine las técnicas y modelos de optimización dinámica que se utilizan en distintas áreas de aplicación de las matemáticas, como la economía, finanzas, ingeniería, entre otras.

Temática resumida (contenidos):

- Optimización dinámica.
- Optimización bajo incertidumbre.

Nombre del curso: Programación matemática III

Créditos: 5

Objetivo:

El curso está diseñado para mostrar al estudiante elementos avanzados de la programación matemática, como programación cuadrática, programación entera y mixta entera, optimización combinatoria, además de las técnicas de computación evolutiva. El curso tendrá una orientación práctica y motivada en ejemplos en diferentes áreas de aplicación como finanzas, economía, computación, investigación de operaciones, entre otros.

Temática resumida (contenidos):

- Problemas de optimización en MATLAB, Problemas de optimización lineal y no lineal, con y sin restricciones, en MATLAB, identificación de las condiciones de optimalidad KKT en las salidas de las funciones de MATLAB
- Consideraciones numéricas en la programación de problemas de optimización en MATLAB, Acondicionamiento numérico, escalamiento de variables y funciones, tolerancias, diferencias finitas, análisis de sensibilidad.
- Programación multiobjetivo, Definición, concepto de solución de Pareto, frontera de Pareto, método de suma ponderada, programación por objetivo, programación física.
- Programación cuadrática, Método de resolución de programas cuadráticos, optimización de portafolios, optimización de media-varianza y extensiones.
- Optimización discreta y computación evolutiva, Búsqueda exhaustiva, método gráfico, relajación, ramificación y poda (branch and bound), método de planos de corte, algoritmos evolutivos: genético, búsqueda tabú, colonia de hormigas, sobrecalentamiento simulado, enjambre de partículas

Nombre del curso: Pasantía Profesional I y II

Créditos: 5

Objetivos

Que el estudiante aplique el conocimiento aprendido en la maestría a un problema práctico.

Temática resumida (contenidos):

Las pasantías profesionales consisten en el desarrollo de un proyecto de aplicación de los conocimientos adquiridos en los cursos de la carrera, dentro de una empresa o institución. El desarrollo del proyecto debe ser aprobado por el Profesor Consejero del estudiante y avalado por la Comisión del Programa. Para el desarrollo de la pasantía profesional, se entiende que el Profesor Consejero del estudiante supervisa el trabajo del estudiante, contando con la ayuda de algún encargado en la empresa o institución donde se lleve a cabo la pasantía.

**ANEXO C**

**PROFESORES DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN MÉTODOS MATEMÁTICOS Y  
APLICACIONES DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

## ANEXO C

### **PROFESORES DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN MÉTODOS MATEMÁTICOS Y APLICACIONES DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

<u>CURSO</u>	<u>PROFESOR</u>
Introducción al análisis real	Héctor Figueroa González Pedro Méndez Hernández José Rosales Ortega William Ugalde Gómez Joseph Varilly Boyle
Análisis de datos I	Oldemar Rodríguez Rojas Javier Trejos Zelaya Mario Villalobos Arias
Análisis de datos II	Oldemar Rodríguez Rojas Javier Trejos Zelaya
Análisis de datos III	Oldemar Rodríguez Rojas Javier Trejos Zelaya
Análisis simbólico de datos	Oldemar Rodríguez Rojas Javier Trejos Zelaya
Probabilidad aplicada	Pedro Méndez Hernández José David Campos Fernández David Jiménez López
Procesos estocásticos	Alexander Walsh Zúñiga Alexander Ramírez González Santiago Cambroner Villalobos Cristian Fonseca Mora
Cálculo estocástico	Juan José Víquez Rodríguez Santiago Cambroner Villalobos Alexander Ramírez González Cristian Fonseca Mora
Análisis Matemático del Riesgo	Santiago Cambroner Villalobos Alexander Ramírez González Luis Barboza Chinchilla Juan José Víquez Rodríguez
Estadística Matemática I	Luis Barboza Chinchilla Maikol Solís Chacón

**CURSO****PROFESOR**

Estadística matemática II

Luis Barboza Chinchilla

Maikol Solís Chacón

Álgebra lineal numérica

Luis Barboza Chinchilla

Maikol Solís Chacón

Modelos Lineales

Alvaro Guevara Villalobos

Luis Barboza Chinchilla

Maikol Solís Chacón

Alvaro Guevara Villalobos

Series de tiempo

Luis Barboza Chinchilla

Maikol Solís Chacón

Programación Matemática I

Alvaro Guevara Villalobos

Javier Trejos Zelaya

Programación Matemática II

Alvaro Guevara Villalobos

Alex Murillo Fernández

Programación Matemática III

Alvaro Guevara Villalobos

Alex Murillo Fernández

Ecuaciones Diferenciales Ordinarias

David Jiménez López

Héctor Figueroa González

José Rosales Ortega

Ecuaciones Diferenciales en Derivadas Parciales

Pedro Méndez Hernández

Alexander Ramírez González

David Jiménez López

Métodos Numéricos para Ecuaciones Derivadas Parciales

Esteban Segura Ugalde

Juan Gabriel Calvo Alpizar

Pasantía profesional I y II

Todos los anteriores

**ANEXO D**

**PROFESORES DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN MÉTODOS MATEMÁTICOS Y  
APLICACIONES DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
Y SUS GRADOS ACADÉMICOS**

## ANEXO D

### **PROFESORES DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN MÉTODOS MATEMÁTICOS Y APLICACIONES DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA Y SUS GRADOS ACADÉMICOS**

#### **BARBOZA CHINCHILLA LUIS**

Maestría en Matemáticas, Universidad de Costa Rica. Maestría en Estadística, Universidad de Purdue, Indiana, Estados Unidos de América.

#### **CALVO ALPÍZAR JUAN GABRIEL**

Doctorado en Matemáticas, Universidad de Nueva York, Estados Unidos de América.

#### **CAMBRONERO VILLALOBOS SANTIAGO**

Doctorado en Matemáticas, Universidad de Nueva York, Estados Unidos de América.

#### **CAMPOS FERNÁNDEZ JOSÉ DAVID**

Doctorado en Matemáticas, Pontificia Universidad Católica de Chile.

#### **FIGUEROA GONZÁLEZ HÉCTOR**

Doctorado en Física Teórica, Universidad de Granada, España.

#### **FONSECA MORA CRISTIAN**

Doctorado en Probabilidad y Estadística, Universidad de Sheffield, Inglaterra.

#### **GUEVARA VILLALOBOS ALVARO**

Doctorado en Matemáticas, Universidad Estatal de Louisiana, Estados Unidos de América.

#### **JIMÉNEZ LÓPEZ DAVID**

Doctorado en Matemáticas, Instituto de Tecnología de Georgia, Estados Unidos de América.

#### **MÉNDEZ HERNÁNDEZ PEDRO**

Doctorado en Matemáticas, Universidad de Purdue, Indiana, Estados Unidos de América.



### **MURILLO FERNÁNDEZ ALEX**

Maestría en Computación, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Doctorado en Estadística, Universidad de Zaragoza, España.

### **RAMÍREZ GONZÁLEZ ALEXANDER**

Doctorado en Matemáticas, Universidad de Nueva York, Estados Unidos de América.

### **RODRÍGUEZ ROJAS OLDEMAR**

Maestría en Computación, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Doctorado en Matemáticas, Universidad de París-Dauphine, Francia.

### **ROSALES ORTEGA JOSÉ**

Maestría en Matemáticas, Universidad de Costa Rica. Doctorado en Matemáticas, Instituto Politécnico Nacional de México.

### **SEGURA UGALDE ESTEBAN**

Doctorado en Matemáticas, Universidad de Limoges, Francia.

### **SOLÍS CHACÓN MAIKOL**

Maestría en Matemáticas, Universidad de Costa Rica.

### **TREJOS ZELAYA JAVIER**

Doctorado en Matemáticas, Universidad Paul Sabatier, Francia.

### **UGALDE GÓMEZ WILLIAM**

Maestría en Matemáticas, Universidad de Costa Rica. Doctorado en Matemáticas, Universidad Estatal de Iowa, Estados Unidos de América.

### **VARILLY BOYLE JOSEPH**

Doctorado en Matemáticas, Universidad de Rochester, Nueva York, Estados Unidos de América.

### **VILLALOBOS ARIAS MARIO**

Maestría en Matemáticas, Universidad de Costa Rica. Doctorado en Matemáticas, Instituto Politécnico Nacional de México.

**VÍQUEZ RODRÍGUEZ JUAN JOSÉ**

Doctorado en Matemáticas, Universidad de Purdue, Indiana, Estados Unidos de América.

**WALSH ZÚÑIGA ALEXANDER**

Doctorado en Matemáticas, Universidad de París VI, Francia.



TEC

UNA  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
COSTA RICA



UTN  
Universidad  
Técnica Nacional