

## PROGRAMA DE DOCTORADO

### DENOMINACIÓN DEL PROGRAMA DE DOCTORADO

**Doctorado en Matemáticas y Computación  
Resolución de la verificación del Consejo de  
Universidades (29/07/2009)**

### ANTECEDENTES

El programa de doctorado Matemáticas y Computación procede del Doctorado en Matemáticas y Computación incluido en el Programa Oficial de Posgrado Ciencias, Tecnología y Computación que fue informado favorablemente por la ANECA.

Este doctorado ha sido distinguido con la Mención de Calidad (código MCD2004-00267).

Su etapa formativa está constituida por el Máster en Matemáticas y Computación que forma parte del mencionado Programa Oficial de Posgrado regulado por el Real Decreto 56/2005 y que ha sido presentado a verificación por el procedimiento abreviado para adaptarse al Real Decreto 1393/2007.

## INTRODUCCIÓN

El Programa de Doctorado Matemáticas y Computación tiene dos periodos: de formación y de investigación.

El periodo de formación está formado por el Máster Matemáticas y Computación. Este título ha sido sometido a verificación por la ANECA.

**El periodo de formación**, incluyendo el acceso y la admisión al mismo, es competencia de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Cantabria. También es competencia del Centro el acceso y la admisión al periodo de investigación. En cada Centro de la Universidad de Cantabria se constituirán los siguientes órganos de coordinación académica de los posgrados:

- a) Un Coordinador de Posgrado del Centro que deberá ser profesor doctor de la UC, con dedicación a tiempo completo.
- b) Al menos un responsable de cada uno de los títulos oficiales de Máster Universitario impartidos en el centro. En caso de nombrar varios responsables, al menos uno de ellos deberá ser profesor doctor de la UC.
- c) Una Comisión Académica de Posgrado del Centro, que se responsabilizará de coordinar los Máster oficiales impartidos en el Centro y de aprobar el acceso y la admisión tanto a dichos Másteres como a los estudios de Doctorado de los Programas de Doctorado del Centro. Esta Comisión será presidida por el Coordinador de Posgrado del Centro y estará formada por los responsables de cada uno de los títulos oficiales de Máster Universitario impartidos por el Centro, incluidos los interuniversitarios y, en su caso, por aquellos otros miembros propuestos por la Junta de Centro.

La composición concreta de estos órganos de coordinación académica será aprobada por la Junta del Centro.

El **periodo de investigación** es competencia de los Departamentos de Matemática Aplicada y Ciencias de la Computación y de Matemáticas, Estadística y Computación, ambos de la Universidad de Cantabria.

## ESPECIFICACIÓN DE VÍAS DE ACCESO Y CRITERIOS DE ADMISIÓN

- a) Al periodo de formación
- b) Al periodo de investigación

Como se ha indicado antes, la Comisión de Posgrado del Centro es la responsable del acceso y admisión a ambos periodos.

### **a) Al periodo de formación:**

#### **Acceso:**

El periodo de formación está estructurado en dos niveles: El primero consta de un máximo de 60 créditos y es de nivelación. El segundo contiene los cursos específicos de formación.

Los solicitantes que hayan cursado estudios de licenciatura en Matemáticas o en Estadística y los alumnos provenientes de titulaciones equivalentes con un mínimo de 240 créditos ECTS en asignaturas de contenido matemático estarán exentos de los cursos del primer nivel.

Licenciados de otras carreras de Ciencias o Ingenieros Superiores, deberán cursar un máximo de 30 créditos de este nivel.

Ingenieros Técnicos y Licenciados de otras titulaciones, podrán ser admitidos según su formación previa, cursando un máximo de 60 créditos en este nivel.

Para todas las demás titulaciones el acceso al máster del programa quedará condicionado al análisis del currículum formativo del alumno, a partir del cual se determinarán los complementos a cursar, en su caso, ya sean de materias diseñadas específicamente como de complementos formativos o de asignaturas de las actuales titulaciones de primer y segundo ciclo. Para ser admitidos a los distintos títulos del programa será condición previa necesaria que el número de créditos de complementos formativos a cursar, sumado a los créditos específicos del título al que se pretende acceder, no supere los 120 ECTS. De ser necesarios complementos formativos adicionales a los 120 créditos, deberán superarse previamente al acceso al máster. (En todo caso, el número de créditos anuales a cursar en materias propias del programa no será superior a 60 ECTS).

Del análisis del currículum formativo del alumno podrán determinarse no sólo los complementos de formación a cursar, sino también las posibles asignaturas del título de máster a convalidar, habida cuenta la similitud de contenidos de éstas con materias cursadas previamente.

#### **Admisión:**

En los títulos oficiales de máster el proceso de admisión consta de dos fases, y los alumnos preinscritos en la primera fase tendrán preferencia sobre los alumnos preinscritos en la segunda. Estas fases se realizarán de acuerdo con el calendario que establezca anualmente la Comisión de Estudios de Posgrado de la UC.

Dentro del número máximo de plazas ofertadas para cada título de Máster, se podrán establecer cupos por titulaciones o grupos de titulaciones de acceso de acuerdo con los perfiles establecidos en el apartado anterior. Análogamente, en los

títulos de carácter mixto (profesionales e investigadores), podrán establecerse cupos diferenciados para ambos perfiles. Si estos cupos no se cubrieran, las plazas vacantes serán acumuladas a los restantes cupos o bien a un cupo general según el sistema que previamente establezca cada programa. Todo ello habrá de indicarse en la información previa al período de preinscripción de los alumnos y comunicarse al Vicerrectorado junto con la documentación relativa al Plan Docente Anual.

Para cada título se establecerán los criterios de valoración de méritos y los requisitos exigibles bajo indicadores objetivables, entre los siguientes criterios:

a) Expediente académico del título que le da acceso al programa, según el baremo establecido en el apartado 4.5 del Anexo I del Real Decreto 1044/2003, de 1 de agosto, por el que se establece el procedimiento para la expedición por las universidades del Suplemento Europeo al Título.

b) Otros méritos académicos debidamente especificados en la propuesta de programa/título.

c) Experiencia profesional relacionada con los contenidos del programa/título. En el programa se establecerá el tipo de experiencia que se tendrá en cuenta, los organismos, entidades o empresas en las que se debe haber desarrollado y los períodos mínimos que serán exigidos para su valoración.

d) Conocimiento de idiomas. En el caso de que se valore este criterio, el nivel mínimo exigido será el B1 del marco europeo común de referencia para lenguas.

e) Entrevista personal, de acuerdo con el perfil especificado en el programa en el que detallarán los distintos elementos a valorar y la valoración de cada uno de ellos. Este criterio no podrá ser utilizado como requisito para el acceso.

f) Calificación obtenida en una prueba general de conocimientos.

La horquilla de valoración de los criterios establecidos en los apartados anteriores será la siguiente:

a) El expediente académico tendrá una valoración no inferior al 30 % de la puntuación total.

b) La valoración de la entrevista personal no podrá ser superior al 30 % de la puntuación final.

Existe una Comisión de Admisiones del máster que podrá rechazar todas aquellas solicitudes procedentes de candidatos que, a juicio de dicha comisión, no reúnan los conocimientos previos requeridos para poder seguir con aprovechamiento el primer curso del master.

En el resto de los casos, si la demanda sobrepasa la oferta de plazas, la Comisión de Admisiones seleccionará los solicitantes teniendo en cuenta la adecuación de su formación previa (40%), su expediente académico (40%) y otros aspectos de sus currículos (20%). Si la comisión lo juzga oportuno podrá convocar entrevistas personales con los candidatos para facilitar la evaluación de los puntos anteriores.

## **b) Al periodo de investigación:**

La Comisión Académica de Posgrado del Centro a la vista del currículo del alumno y de la adecuación del proyecto de tesis doctoral a las líneas de investigación del programa decidirá sobre su admisión, pudiendo establecer que la admisión del alumno quede condicionada a la superación de hasta 30 créditos de complementos formativos. En todo caso, el alumno no podrá presentar la tesis doctoral hasta que haya superado los complementos formativos exigidos en el momento de la admisión. Servicio de Gestión Académica

La admisión a los estudios de doctorado supondrá la aceptación del proyecto de tesis doctoral, su adscripción a una de las líneas de investigación previstas en el programa y la asignación de un director de tesis doctoral.

Los trámites relativos a la realización, presentación y lectura de la tesis doctoral se regirán por la Normativa de Estudios de Doctorado de la UC.

Si la demanda supera el número de plazas ofertadas, la Comisión de Admisiones seleccionará los alumnos aceptados utilizando los mismos criterios que para el periodo de formación.

## ORGANIZACIÓN DEL PERIODO DE FORMACIÓN

### **Máster en Matemáticas y Computación**

El Máster se estructura en dos niveles. El primero consta de un máximo de 60 créditos y es de nivelación. Los cursos de este nivel que debe seguir cada alumno concreto se determinarán por la Comisión de Admisión del programa teniendo en cuenta los estudios previos realizados por el solicitante así como sus intereses específicos. En todo caso, los solicitantes que hayan cursado estudios de licenciatura en Matemáticas o en Estadística y los alumnos provenientes de titulaciones equivalentes con un mínimo de 240 créditos ECTS en asignaturas de contenido matemático estarán exentos de los cursos de este nivel. Licenciados de otras carreras de Ciencias o Ingenieros Superiores, deberán cursar un máximo de 30 créditos de este nivel. Ingenieros Técnicos y Licenciados de otras titulaciones, podrán ser admitidos según su formación previa, cursando un máximo de 60 créditos en este nivel.

El segundo nivel contiene los cursos específicos de formación. Todos los alumnos inscritos en el programa estarán obligados a superar 60 créditos dentro de este nivel. A su vez, estos cursos se repartirán en 40 créditos de formación propiamente dicha más un trabajo de fin de Máster con una valoración equivalente de 20 créditos.

Todos los alumnos del Máster podrán cursar hasta un máximo de 10 de los créditos de formación en cursos ofrecidos dentro de cualquier otro master de postgrado de la Universidad de Cantabria. Para ello será suficiente con que el alumno cuente con la autorización del tutor y con la aceptación en el curso de que se trate.

Por otro lado, los cursos ofrecidos en el segundo nivel, permiten obtener una especialización. Las especialidades ofrecidas son: "Fundamentos Matemáticos de la Computación", "Matemáticas y sus Aplicaciones", "Minería de Datos y Sistemas Inteligentes" y "Modelado y Procesado Geométrico y Gráficos por Computador". Obtendrán la especialidad correspondiente todos aquellos alumnos que hayan cursado un mínimo de 20 créditos en los cursos que incluye la especialidad de que se trate y realicen el trabajo de fin de Máster en alguna de las líneas incluidas en dicha especialidad.

A continuación presentamos las razones que justifican las especialidades y los objetivos que pretenden cubrirse con cada una de ellas:

### **Especialidad en Fundamentos Matemáticos de la Computación**

Fundamentos de la Computación es la actividad científica con mayor perfil, tradición e impacto entre todas las actividades científicas relacionadas con la Computación. Así, por ejemplo, la principal publicación de la principal sociedad mundial en Computación (Journal of the ACM) reúne entre sus 22 descriptores temáticos los siguientes 9 que se contienen entre los descriptores de los cursos propuestos en esta especialización:

1. Complexity of Algorithms
2. Complexity Theory and Coding Theory
3. Computational Geometry
4. Cryptography and Security
5. Logic in Computer Science

6. Machine Learning and Computational Learning Theory
7. Numerical Computation
8. Randomized Algorithms and Probabilistic Analysis of Algorithms
9. Analysis of Algorithms

Estas 9 actividades suponen más del 50 por ciento de las publicaciones de impacto en Informática.

Los objetivos y temática contenidos en esta especialidad suponen, además, los objetivos naturales de varias sociedades científicas internacionales como Foundations of Computacional Matemáticas (FoCM), Effective Methods in Algebraic Geometry (MEGA), Special Interest Group on Symbolic and Algebraic Manipulation (SIG-SAM), Internacional Association for Cryptologic Research (IACR) y un largo etcétera. Profesores de esta especialidad han participado y participan al máximo nivel de representación en todas estas sociedades. Asimismo, los temas de investigación propuestos en los cursos de esta especialidad son objetivo de una gran variedad de revistas de alto índice de impacto científico y congresos internacionales entre los que podemos destacar FoCS, STOCS, FoCM, MFoCS, MEGA, ISSAC, CASC y un larguísimo etcétera.

La especialidad pretende, por tanto, introducir al alumno de máster en algunas de las líneas de investigación fundamentales y de mayor impacto en la informática internacional, con la colaboración de profesores que ocupan algunos de los puestos decisorios en estas sociedades y actividades internacionales.

### **Especialidad en Matemáticas y sus Aplicaciones**

No resulta fácil deslindar los contenidos más teóricos de los más prácticos dentro de las Matemáticas, porque, de modo constante a lo largo de la historia, las Matemáticas más teóricas han resultado de gran interés en sus aplicaciones y, de modo recíproco, los problemas planteados en otros ámbitos de la Ciencia y la Ingeniería han conducido al desarrollo teórico de las Matemáticas. En este sentido, la presente especialidad ofrece a los alumnos una visión integrada del desarrollo matemático y de sus aplicaciones, que se corresponde con el avance real y efectivo de la disciplina.

Por otra parte, todas las áreas de conocimiento participan en los temas tratados en las Matemáticas, respondiendo a la realidad: ante un problema matemático hay que recurrir a las herramientas que proporcionan las diferentes partes de las Matemáticas. Por ello, en la presente especialidad se ofrece una variedad de técnicas de Análisis Funcional, Geometría y Topología, Estadística y Estereología, Ecuaciones Diferenciales, Métodos Numéricos, Modelización Matemática, Teoría de Control y Optimización, y Programación Matemática en Ciencia e Ingeniería. El alumno que siga esta especialidad se encontrará en disposición de afrontar problemas matemáticos reales, que hoy día tienen una complejidad grande por la necesidad, ya mencionada, de manejar técnicas diferentes.

### **Especialidad en Minería de Datos y Sistemas Inteligentes**

En los últimos años, las necesidades en cuanto al tratamiento de la información han cambiado. Hoy día se dispone de grandes cantidades de datos que encierran valiosa información y es necesario disponer de herramientas automáticas para poder extraer conocimiento de forma eficiente con la mínima intervención humana. Ya no es suficiente con almacenar y gestionar los datos de organismos, empresas o experimentos científicos, sino que es necesario analizarlos y extraer información relevante en tiempo real, para dar respuesta a distintos problemas: segmentación (de clientes, de productos, etc.), análisis de dependencias (páginas Web que se

visitan juntas en la misma sesión, productos que se compran al tiempo, etc.), clasificación (asignación de patrones de comportamiento, etc.), a la predicción de valores futuros (tendencias futuras de un determinado grupo), etc.

La nueva disciplina que analiza este problema se denomina genéricamente "data mining" (minería de datos) y en ella confluyen otras disciplinas como el análisis de datos, la estadística, la inteligencia artificial y la gestión y almacenamiento de información (bases de datos). El carácter multidisciplinar de este tema hace necesario una especialidad que tenga en cuenta esta visión transversal, mezclando temas tecnológicos muy aplicados con temas de investigación más teóricos. Por ejemplo, dado que los datos son heterogéneos en fuente y formato, y normalmente están distribuidos, los temas abstractos de investigación en minería de datos se desarrollan en paralelo con el mundo de las bases de datos, que creó tecnologías apropiadas para poder acceder a la información de forma homogénea y eficiente; así surgieron tecnologías actuales, como "data warehouse", o OLAP, sobre las que actualmente se integran los algoritmos de minería de datos en los principales gestores de bases de datos disponibles.

Esta especialidad trata de complementar los conocimientos en Matemáticas (principalmente Estadística) y Computación (bases de datos y sistemas inteligentes) de un graduado en aquellos temas propios de esta disciplina. La especialidad se compone de cinco cursos troncales, complementados por otros cursos en líneas temáticas afines de aplicación. Para realizar un seguimiento adecuado de la misma es conveniente que el alumno tenga conocimientos básicos de bases de datos, de estadística y del tratamiento informático de la información.

### **Especialidad en Modelado y Procesado Geométrico y Gráficos por Computador**

El diseño y procesado geométrico asistidos por computador y los Gráficos por Computador han evolucionado durante las últimas décadas desde una posición de campo marginal en la Informática y las Ciencias de la Computación a adquirir un reconocimiento como campos propios con un fuerte interés aplicado y un gran potencial para la investigación y las aplicaciones prácticas.

El diseño geométrico asistido por computador permite la generación de entidades geométricas (curvas, superficies, sólidos, etc.) y su manipulación de forma eficiente, intuitiva y, en general, con un fuerte significado geométrico. Por su parte, el procesado geométrico se centra en el análisis de las propiedades de las entidades geométricas ya construidas. Juntos posibilitan además la aplicación de algoritmos óptimos para la resolución de muchos problemas que aparecen en entornos industriales (fundamentalmente, en las industrias de la automoción, aeroespacial, construcción de barcos, etc.), como los problemas de seccionado, "blending", cálculo de curvas y "superficies offset", implicación, control de medida, generación de trayectorias eficientes de mecanizado, etc.

Por otro lado, muchos problemas científicos y de otra índole (en áreas como la publicidad, la animación, los entornos de realidad virtual y aumentada, la arqueología, la arquitectura y muchos otros) son analizados de forma más sencilla y eficiente mediante técnicas gráficas. En estas áreas los gráficos por computador juegan un papel preponderante. La aplicación de potentes librerías gráficas, de técnicas adecuadas de iluminación, texturizado, multiresolución, etc., la generación de mundos virtuales, la reconstrucción de superficies, la animación de seres virtuales autónomos, etc. son líneas de investigación de gran interés en la actualidad.

La combinación de ambas herramientas, el diseño geométrico asistido por computador y los gráficos por computador, permite resolver problemas muy complejos, visualizar las soluciones obtenidas, analizar su calidad, etc. mediante métodos matemáticos (tanto de tipo simbólico como numérico) y computacionales.

Esta especialidad se compone de cuatro cursos, enfocados a distintos aspectos del modelado y procesado geométrico (dos cursos) y los gráficos por computador (dos cursos). En esta especialidad se incluyen asimismo temas relacionados con estos campos y de amplio interés en los mismos, como son los Sistemas de Información Geográfica y la Inteligencia Artificial aplicada a los gráficos por computador.

## **Estructura del Máster en Matemáticas y Computación**

### **ESPECIALIZACIÓN EN FUNDAMENTOS MATEMÁTICOS DE LA COMPUTACIÓN**

DESCRIPCIÓN	CRED.	TIPO
Complejidad Computacional .....	5,00	O
Estructura de Datos y Algoritmos Usando Programación Orientada a Objetos .....	5,00	O
Métodos Efectivos en Geometría Algebraica .....	5,00	O
Protocolos, Algoritmos Probabilísticos y su Complejidad .....	5,00	O
Álgebra y Algoritmos .....	5,00	O

### **ESPECIALIZACIÓN EN MINERÍA DE DATOS Y SISTEMAS INTELIGENTES**

DESCRIPCIÓN	CRED.	TIPO
Aprendizaje Estadístico y Técnicas de Núcleos y Vectores Soporte .....	5,00	O
Introducción a la Minería de Datos .....	5,00	O
Métodos y Algoritmos para la Decisión .....	5,00	O
Redes Neuronales y Algoritmos Evolutivos .....	5,00	O
Tecnologías de Bases de Datos para Extracción de Conocimiento .....	5,00	O

### **ESPECIALIZACIÓN EN MODELADO Y PROCESADO GEOMÉTRICO Y GRÁFICOS POR COMPUTADOR**

DESCRIPCIÓN	CRED.	TIPO
Diseño Geométrico Asistido por Computador .....	5,00	O
Gráficos por Computador y Sistemas de Información Geográfica .....	5,00	O
Inteligencia Artificial en Gráficos por Computador .....	5,00	O
Proceso Geométrico .....	5,00	O

### **ESPECIALIZACIÓN EN MATEMÁTICAS Y SUS APLICACIONES**

DESCRIPCIÓN	CRED.	TIPO
Control Estadístico de Procesos Mediante Monitorización y Ajuste .....	5,00	O
Curso Avanzado de Análisis Funcional .....	5,00	O
Curso Avanzado de Geometría y Topología .....	5,00	O
Desarrollos Asintóticos .....	5,00	O
Elementos de Estereología y Geometría Estocástica .....	5,00	O
Métodos Numéricos de Evaluación de Funciones .....	5,00	O
Optimización y Control de Sistemas .....	5,00	O
Programación Matemática en Ciencias e Ingeniería .....	5,00	O

### **PROYECTO/TESINA DE MÁSTER**

DESCRIPCIÓN	CRED.	TIPO
Tesis de Máster .....	20,00	U

U: Asignatura Obligatoria  
O: Asignatura Optativa

## COMPETENCIAS DEL PROGRAMA

De acuerdo con lo establecido el R.D.1393/2007, se garantizan las competencias a que se refiere el punto 3.4 del Anexo 1 del citado Real decreto, que son:

1. Los estudiantes habrán demostrado una comprensión sistemática del campo de las Matemáticas y la Computación y el dominio de las habilidades y métodos de investigación relacionados con estos campos;
2. Los estudiantes habrán demostrado la capacidad de concebir, diseñar, poner en práctica y adoptar un proceso sustancial de investigación con seriedad académica;
3. Los estudiantes habrán realizado una contribución a través de una investigación original que amplíe las fronteras del conocimiento desarrollando un corpus sustancial, del que parte merezca la publicación referenciada a nivel nacional o internacional;
4. Los estudiantes serán capaces de realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas;
5. Los estudiantes sabrán comunicarse con sus colegas, con la comunidad académica en su conjunto y con la sociedad en general acerca de las áreas de las Matemáticas y la Computación;
6. Los estudiantes serán capaces de fomentar, en contextos académicos y profesionales, el avance tecnológico, social o cultural dentro de una sociedad basada en el conocimiento.

Aunque todas las competencias se desarrollarán a lo largo de todo el programa, las competencias 1, 2 y 5 se desarrollarán fundamentalmente dentro del periodo formativo mientras que el periodo investigador servirá para el desarrollo del resto.

## LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN DEL PROGRAMA (Periodo de investigación)

En este programa se desarrollan las líneas de investigación que se indican a continuación. Estas líneas de investigación podrán incrementarse en el futuro con otras de temática afín, en función de la evolución de los diferentes grupos de investigación asociados al Programa.

- Álgebra y lenguajes y sistemas informáticos
- Análisis Funcional
- Ciencias de la computación y sistemas inteligentes
- Control y optimización
- Educación matemática
- Estadística
- Geometría diferencial y discreta
- Matemática aplicada y computación
- Matemáticas de las vibraciones
- Meteorología Aplicada
- Métodos numéricos de evaluación de funciones
- Tecnologías de la información