UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID

***Resumen del Máster Universitario en***

# *Métodos Formales en Ingeniería Informática / Formal Methods in Computer Science por la Universidad Complutense de Madrid y la Universidad Politécnica de Madrid*

***para Consejo Social***
***Fecha:***

## 1. Denominación del Título

**Máster Universitario en Métodos Formales en Ingeniería Informática / Formal Methods in Computer Science por la Universidad Complutense de Madrid y la Universidad Politécnica de Madrid**

## 2. Centro Responsable

**Universidad Solicitante**: Universidad Complutense de Madrid y Universidad Politécnica de Madrid

**Centro Responsable del Título:** Facultad de Informática de la Universidad Complutense de Madrid

## 3. Estructura del Plan de estudios

| | TIPO DE MATERIA | CRÉDITOS |
|---|---|---|
| MÓDULOS | Nº de cr. Obligatorios | 12 |
| | Nº de cr. Optativos | 36 |
| | Nº de cr. Prácticas | |
| | Nº de cr. Trabajo fin de Máster | 12 |
| | CRÉDITOS TOTALES | 60 |

## 4. Número de plazas ofertadas

Se ofertan 30 plazas: 15 en la UCM y 15 en la UPM.

## 5. Perfil de ingreso recomendado

El perfil ideal para nutrir este máster son los alumnos de los grados simples o dobles en Ingeniería Informática y en Matemáticas, de las universidades madrileñas, así como de las de otras regiones españolas e incluso del espacio europeo o internacional en

general, dada la carencia de este tipo de estudios en el panorama nacional y su escasez en el panorama internacional. En particular se aceptarán graduados en Ingeniería Informática, Ingeniería del Software, Ingeniería de Computadores (o similar) y dobles grados de estos con el Grado en Matemáticas. En cualquier caso, los estudiantes que opten por este máster deberán tener gran interés por las matemáticas y en particular por la lógica y el álgebra. Por esta razón, el máster también se dirige a graduados en Matemáticas con especialización en informática o con una formación sólida principalmente en el área de la computación.

## 6. Justificación del título propuesto

### 1. Justificación Social

La sociedad actual es totalmente dependiente de la tecnología informática. Los sistemas informáticos nos dan soporte en nuestra vida cotidiana y son críticos en el entorno financiero o la salud. Esta dependencia y la necesidad de fomentar políticas ecológicas hacen que construir sistemas informáticos fiables y eficientes sea de suma importancia para la sociedad.

### 2. Justificación Científica

Los profesores proponentes consideramos que es necesario hacer todos los esfuerzos posibles para ofrecer este tipo de formación para evitar la emigración de talento local al extranjero, así como para fomentar la llegada de alumnos brillantes a nuestro sistema educativo. Los contenidos que se imparten, aunque tienen aplicación en el mundo profesional también están en constante desarrollo a nivel científico y el profesorado involucrado en su impartición es muy activo en la participación en proyectos científicos con financiación pública y privada.

### 3. Justificación Académica

Este máster es una revisión del Máster Universitario en Métodos Formales en Ingeniería Informática / Formal Methods in Computer Science que se imparte actualmente en la UCM con la UPM y hasta el curso 2022-2023 con la participación de la UAM. Dado que esta Universidad ha decidido dejar de ofertar el máster, se presenta esta revisión con los cambios mínimos necesarios para mantener su viabilidad en las dos universidades que formarán el nuevo consorcio y asegurar la formación académica que se proponía en el máster que se oferta actualmente. Por esta razón la justificación académica que se detalla a continuación es la misma que la de la titulación que se revisa.

Dentro de la Ingeniería Informática hay muchas materias que no se tocan durante los estudios de grado, o se tocan muy superficialmente, y que tampoco tienen cabida en un máster oficial de Ingeniería Informática que habilite para el ejercicio de la profesión.

Sin embargo, forman el núcleo principal de un amplio número de congresos internacionales, existen muchos grupos de investigación que los estudian, y las grandes empresas de software

como Google y Microsoft dedican amplios recursos a su estudio y desarrollo. Las englobamos bajo el nombre genérico de métodos formales y su característica es que hacen un uso intensivo de las matemáticas.

Consideramos incluidas en ellas a todas las relacionadas con el análisis, la especificación, el diseño y la verificación de programas, de sistemas informáticos y de circuitos hardware, las relacionadas con el análisis y uso de la red global de comunicación y las matemáticas computacionales.

Hay un tipo de alumnos con una fuerte vocación investigadora o innovadora, al que interesan estos temas y a los que no se ofrecen estudios de este tipo, no solo en Madrid, sino tampoco en ninguna universidad española. La consecuencia es que los buscan y encuentran en otros países de nuestro entorno, y se corre el riesgo de que se pierdan estos alumnos para los grupos y empresas investigadoras nacionales.

El objetivo del máster es atraer a estudiantes con buenos expedientes académicos y con gran interés tanto por la informática como por las matemáticas, que estén dispuestos a formarse en temas que están en auge tanto en el mundo académico como en la mayoría de empresas tecnológicas y nuevas start-ups.

A su vez, las materias tratadas en el máster unido al perfil de los estudiantes que atrae, hacen que el máster sea también muy atractivo para el profesorado. Eso nos ha permitido contar con profesorado muy prestigioso además de una plantilla estable y de gran calidad.

Considerando el carácter minoritario de los mismos con respecto a los de otras ramas de la Informática más demandadas, estimamos que no tiene sentido dispersar los esfuerzos, ni los recursos, creando un máster de estas características en varias universidades. Por eso, el máster que se propone nace con una clara vocación interuniversitaria desde el principio. Esta vocación incluye tanto a los alumnos potenciales que han de nutrirlo, como a los profesores que han de impartir los distintos módulos.

Para mejorar su capacidad de atracción y conseguir aumentar la cantidad y calidad de sus alumnos, la impartición de todos los módulos será en inglés y se ofertará el máster internacionalmente. Una referencia extranjera similar al máster que se propone es la del Parisian Master of Research in Computer Science (https://wikimpri.dptinfo.ens-cachan.fr/), que se impartió por primera vez en el curso 2012-13, y en el que participan la Universidad de Paris Diderot, la Universidad de París Saclay y la Escuela Normal Superior de Ulm.

## 7. Titulaciones afines en la Comunidad de Madrid

Como se ha indicado en el apartado anterior, no existe ninguna otra titulación parecida en la Comunidad de Madrid y, en general, en el territorio español salvo la que se extinguirá el curso que viene.

## 8. Potencial de inserción laboral de titulados

El título ofrece una formación especializada en el área de los métodos formales en la informática. Esta área de la informática está en auge tanto en investigación como en implantación en el tejido industrial y en especial en las empresas tecnológicas.
Respecto al desarrollo investigador las metodologías formales han atraído durante muchos años la atención de investigadores de todo el mundo. La investigación en esta área cubre desde investigación básica a investigación aplicada a problemas industriales concretos, pasando por el desarrollo de herramientas generales y especialidades. Respecto al desarrollo profesional las empresas tecnológicas buscan el perfil de experto en métodos formales para los equipos de desarrollo de sistemas informáticos, ya sean sistemas empotrados, dispositivos inteligentes o aplicaciones software en general. Si se realiza un búsqueda en portales internacionales especializados de ofertas de empleo en que se soliciten conocimientos de "métodos formales", aparecen grandes empresas como Microsoft, Amazon, Apple, Intel, ARM, Deutsche Bahn AG, IO Global, Capgemini, entre otras, pero también startups que basan su apuesta tecnológica en la aplicación de tecnologías disruptivas a sus productos, tales como Protocol Labs, Nomadic Labs, AlgoRand, DevelopAir, GrammaTech, Semmle, Lurtis Rules, BugsEng y otras.
Así, este título formará a profesionales o futuros investigadores en informática capaces de abordar problemas informáticos complejos en los que sea necesaria una alta fiabilidad.

## 9. Líneas de investigación relacionadas con la titulación que se propone

Grupos de investigación de la UCM como Diseño y análisis formal de sistemas de software (FADOSS), Complutense group on program analysis and transformation (COSTA), Testing y evaluación del rendimiento (TER) o Mathematics and quantum information (MathQI) realizan investigación en estos perfiles y están implicados en la impartición del máster, ya que los estudiantes que lo cursan son siempre candidatos a iniciar una carrera como investigadores de calidad y de este modo incrementar el impacto y el prestigio de la universidad.
Del mismo modo, los grupos de la UPM implicados en la impartición del máster tienen una larga historia de investigación de muy alta calidad en métodos formales y lenguajes de programación. Estos son el grupo de investigación en Computación lógica, implementación y paralelismo (CLIP) y el grupo de investigación en Lenguajes de especificación y programación (BABEL). Asimismo, el Instituto IMDEA Software, que colabora asiduamente con los grupos antedichos de la UCM y la UPM, tiene la mayoría de sus líneas de trabajo completamente alineadas con el desarrollo y aplicación de métodos formales en la ingeniería informática, así como uno de los equipos de criptografía más potentes de Europa. Adicionalmente, investigadores del Instituto han colaborado en el pasado en la impartición de asignaturas del máster dentro de sus especialidades.
Existe además un extenso historial --que se extiende hasta la actualidad-- de colaboración investigadora entre estos grupos, a través de proyectos de investigación conjuntos, habiendo además organizado de manera también conjunta cursos de posgrado altamente especializados, aunque no reglados, en temáticas cercanas a las de este máster.

## 10. Profesorado

La especialización que se espera en enseñanzas de posgrado en relación con las de grado requiere de una selección de profesorado acorde con ese nivel de especialización. Adicionalmente a las materias que cada profesor puede impartir, hay que añadir que todos ellos pueden dirigir trabajos de fin de máster, así como ejercer en su caso la labor de

tutorización de prácticas en empresas o grupos de investigación. Asimismo, todos los profesores están capacitados para impartir clase en inglés.
El actual número de docentes permite cumplir con las necesidades del título. Como ya se ha indicado, estos estudios son una revisión del Máster Universitario en Métodos Formales en Ingeniería Informática / Formal Methods in Computer Science que se imparte actualmente entre la Universidad Complutense de Madrid, la Universidad Politécnica de Madrid y hasta el curso 2022-2023 en la Universidad Autónoma de Madrid.
En el máster (teniendo en cuenta que se va a mantener la situación actual) un 30% del profesorado serán Catedráticos de Universidad, el 40% Titulares de Universidad, el 25% Contratados Doctores y el 5% Ayudantes Doctores.
Cada curso se ofertarán un total de 10 asignaturas presenciales de 6 créditos y se deberán dirigir un máximo de 30 Trabajos Fin de Máster, 15 en cada centro.
Las asignaturas presenciales suponen por tanto una carga de 60 créditos, que se reparten en 40 impartidos por la UCM y 20 por la UPM, que es lo que ya se está impartiendo desde el curso 2023-2024 en el máster que se extingue, por lo que no habrá ninguna variación por el inicio de los nuevos estudios. Por otro lado, la carga esperada por dirección de TFM estará repartida a partes iguales (50% cada una) entre la UCM y la UPM, que tampoco supone ninguna modificación.
Así mismo, existe la posibilidad de cursar la asignatura de Prácticas en Empresa o Grupos de Investigación pero, considerando que en media la mitad de los estudiantes cursarán esta asignatura, el responsable de cada centro deberá gestionar 7 u 8 prácticas, lo que supondrá una carga nula o inferior a un crédito.
En total (juntando asignaturas y TFMs) la carga se repartirá aproximadamente en un 60% para la UCM y un 40% para la UPM, y no supone ningún cambio respecto a la carga actual.

## 11. Recursos materiales

Los estudiantes admitidos cada año en el máster (véase el punto 4) cabrán en una sola aula, y también en un laboratorio dotado de ordenadores. Las necesidades estimadas de recursos materiales se reducen pues a un aula y un laboratorio dedicados al máster en cada uno de los centros. No se necesita un hardware especial, si bien es preferible que los ordenadores tengan gran capacidad de cálculo debido a la naturaleza de las herramientas que se pretende ejecutar en ellos, que en general serán intensivas en cómputo. Dichas herramientas serán, o bien compiladores y editores convencionales de los que disponen todas las facultades y escuelas de informática, o bien herramientas especializadas que están disponibles como software libre para toda la comunidad científica.
Estas necesidades pueden ser cubiertas tanto en la Facultad de Informática de la UCM como en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Informáticos de la UPM con las infraestructuras (aulas, laboratorios, aulas de seminarios, biblioteca, etc) que disponen actualmente, sin que eso suponga un incremento en la inversión a realizar, ya que se seguirán usando exactamente los mismos recursos que actualmente se requieren para el máster en extinción.
Ambos centros tienen amplios recursos bibliográficos y de documentación, en la forma de bibliotecas físicas y suscripción a recursos online, a disposición de los estudiantes. Tanto la UCM como la UPM están dotadas de campus virtuales que extienden los servicios y funciones del campus universitario por medio de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación. El uso de estos recursos por parte de los estudiantes del máster no supondrá un incremento de sus costes asociados.