



## UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

### POSGRADO EN CIENCIA E INGENIERÍA DE LA COMPUTACIÓN

#### Tipo de proyecto:

- Creación de la Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento, y su respectivo grado, para su adición al Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación.
- Modificación de las Normas Operativas del Programa.
- Incorporación en el Programa de cuatro entidades académicas participantes (Instituto de Geofísica, Instituto de Astronomía, Instituto de Física y Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación), exclusivamente para colaborar en la Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento.

#### Grados que se otorgan:

- Especialista en Cómputo de Alto Rendimiento (**creación del grado**).
- Maestro(a) en Ciencia e Ingeniería de la Computación.
- Doctor(a) en Ciencia e Ingeniería de la Computación.

#### Entidades académicas participantes:

- Facultad de Ciencias (FC).
- Facultad de Ingeniería (FI).
- Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FES-Cuautitlán).
- Instituto de Ingeniería (II).
- Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS).
- Instituto de Matemáticas (IMATE).
- Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET).

*Entidades académicas que se incorporan de manera exclusiva a la especialización:*

- Instituto de Geofísica (IG).
- Instituto de Astronomía (IA).
- Instituto de Física (IF).
- Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación (DGTIC).

#### Fecha de la aprobación del Comité Académico del Programa:

- Consejo Técnico de la Facultad de Ciencias: 16 de enero 2014.

- Consejo Técnico de la Investigación Científica: 29 de mayo de 2014.

**Fecha de la opinión favorable de los Consejos Internos:**

- Consejo Interno del Instituto de Geofísica: 17 de enero 2014.
- Consejo Interno del Instituto de Astronomía: 15 de enero 2014.
- Consejo Interno del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas: 4 de diciembre 2013.

**Fecha de la opinión favorable del Consejo de Estudios de Posgrado:**

- Consejo de Estudios de Estudios de Posgrado: 19 de febrero 2015.

**Fecha de opinión favorable del Consejo Académico del Área de las Ciencias Físico Matemáticas y de las Ingenierías:**

**Fecha de aprobación del H. Consejo Universitario:**

# ÍNDICE

## Tomo I

1. Presentación.....	5
1.1 Introducción .....	5
1.2 Antecedentes.....	7
1.3 Fundamentación académica .....	9
1.3.1 Demandas del contexto .....	9
1.3.2 Descripción del campo de conocimiento: Cómputo de Alto Rendimiento .....	19
1.3.3 Situación de la docencia e investigación en los niveles institucional y de las entidades académicas participantes .....	20
1.4 Procedimiento empleado en el diseño del Programa y de su plan de estudios, y resultados más relevantes que justifican la creación de la Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento .....	21
2. Plan de estudios del Programa de la Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento ..	23
2.1 Objetivo del plan de estudios .....	23
2.2 Perfiles.....	23
2.2.1 De ingreso .....	23
2.2.2 De egreso .....	24
2.2.3 Del graduado .....	24
2.3 Duración de los estudios y el total de créditos .....	25
2.4 Estructura y organización del plan de estudios .....	25
2.4.1 Descripción general .....	25
2.4.2 Mecanismos de flexibilidad .....	26
2.4.3 Seriación.....	27
2.4.4 Actividades académicas.....	27
2.4.5 Mapa curricular .....	29
2.5 Requisitos.....	29
2.5.1 De ingreso .....	29
2.5.2 De permanencia.....	30
2.5.3 De egreso .....	31
2.5.4 Para obtener el grado .....	31
2.6 Certificado complementario .....	31
3. Implantación del Programa y de su plan de estudios .....	31
3.1 Condiciones para la implantación .....	31
3.2 Recursos humanos .....	32
3.3 Infraestructura y recursos materiales .....	33
4. Evaluación del Programa, en específico para el plan de estudios de la Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento .....	34
4.1 Condiciones nacionales e internacionales que inciden en el Programa y su plan de estudios .....	35
4.2 Análisis de la pertinencia del perfil de ingreso.....	35
4.3 Desarrollo del cómputo de alto rendimiento y la emergencia de nuevos conocimientos relacionados .....	35
4.4 Evaluación de los fundamentos teóricos y orientación del Programa y de su plan de estudios .....	36
4.5 Análisis de las características del perfil del graduado .....	36

4.6 Ubicación de los graduados en el mercado laboral .....	36
4.7 Congruencia de los componentes del plan de estudios.....	37
4.8 Valoración de la programación y operación de las actividades académicas.....	37
4.9 Ponderación de las experiencias obtenidas durante la implantación.....	37
4.10 Mecanismos y actividades que se instrumentarán para la actualización permanente de la planta académica .....	38
5. Normas operativas del Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación .....	41
Anexos .....	78

# 1. Presentación

## 1.1 Introducción

El Proyecto que se presenta se enmarca y sustenta en el Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación vigente, que contiene dos planes de Estudios: Maestría en Ciencia e Ingeniería de la Computación y Doctorado en Ciencia e Ingeniería de la Computación, impartidos en la modalidad presencial.

Este Programa, recién modificado en 2013, se sustenta en los siguientes campos de conocimiento:

- Teoría de la Computación.
- Computación Científica.
- Ingeniería de *Software* y Bases de Datos.
- Inteligencia Artificial.
- Señales, Imágenes y Ambientes Virtuales, y
- Redes y Seguridad en Cómputo.

El Plan de Estudios de la Maestría tiene un valor total en créditos de 72, de los cuales 18 son obligatorios, 12 son obligatorios de elección y 42 son optativos. Asimismo, incluye cuatro actividades académicas de carácter obligatorio. La duración de los estudios en la Maestría es de cuatro semestres, para alumnos de tiempo completo.

La Maestría se compone de actividades académicas que conforman los conocimientos básicos de la Ciencia e Ingeniería de la Computación; actividades académicas fundamentales por campo de estudio, que abarcan conocimientos esenciales de cada uno de los campos; actividades académicas complementarias, que son propias de las áreas de conocimiento del Programa, y actividades académicas de orientación e investigación, dirigidas al desarrollo del trabajo con el cual el alumno se graduará (Tesis, Práctica profesional, Artículo en revista indizada, Examen sobre proyecto de investigación doctoral y Examen general de conocimientos).

Por su parte, el Doctorado tiene una duración de ocho semestres, para los alumnos de tiempo completo y está centrado en actividades de investigación. Su estructura está conformada por tres etapas:

- Primera etapa, integración del conjunto de conocimientos fundamentales para su línea de investigación.
- Segunda etapa, obtención de la candidatura al grado de Doctor, durante esta etapa el alumno deberá demostrar que cuenta con una sólida formación académica y capacidad para la investigación a través del examen de candidatura.
- Tercera etapa, desarrollo de la tesis doctoral en la cual el alumno continua y concluye la investigación doctoral, así como todas aquellas actividades académicas acordadas con su tutor o tutores principales y con el comité tutor, que conduzcan a la consecución del objetivo del proyecto de investigación y a la terminación de la tesis doctoral.

Además de estos dos planes de estudio, con la presente propuesta se adicionará un tercer plan de estudios al Programa: la Especialización en Cómputo en Alto Rendimiento, cual tendrá una duración de dos semestres para alumnos de tiempo completo, periodo en que el alumno deberá acreditar 48 créditos y obtener el grado. Dicho plan tendrá una carga académica obligatoria del 50% del valor total de sus créditos y el 50% restante será flexible. Cabe señalar que dentro de la carga obligatoria, a su vez el 50% de ésta, está orientada a la integración de los conocimientos y habilidades adquiridos durante los estudios, espacio académico en donde el alumno desarrollará el trabajo con el que se graduará.

Asimismo, se hicieron modificaciones a las normas operativas de los planes de estudio, a fin de incluir las pautas que guíen el buen funcionamiento de la Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento, dentro de este Posgrado.

Cabe señalar que para el desarrollo e impartición de esta especialización se contará con la corresponsabilidad de cuatro entidades académicas más, las cuales participarán, exclusivamente, en este nivel de estudios:

- Instituto de Física.
- Instituto de Astronomía.
- Instituto de Geofísica.
- Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación.

La incorporación de estas entidades responde al grupo de trabajo generado en 2007, que colaboró en el Proyecto de Cómputo de Alto Rendimiento en Tiempo Real con base en Elementos de Comunicación Media, desarrollado como parte del Macroproyecto de Tecnologías para la Universidad de la Información y la Computación, UNAM, y en donde se detectó la necesidad de contar con especialistas que diseñen e implementen sistemas de multiprocesamiento con varios mecanismos de comunicación, para con ello procesar información de manera eficaz.

Siendo el Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación (PCIC) el espacio académico del estudio y desarrollo de la ciencia de la computación, y en particular de los aspectos tanto teóricos como prácticos del procesamiento de la información en todas sus formas y de manera eficiente, es menester atender a las necesidades sociales y académicas al respecto.

En los últimos años, el Cómputo de Alto Rendimiento (CAR) ha impactado fuertemente el desarrollo de la ciencia y la tecnología. La necesidad de alcanzar un rendimiento óptimo en el cálculo numérico ha conducido a replantear, de manera interdisciplinaria, los paradigmas del modelado matemático y la definición de la paralelización de procesos computacionales. Actualmente, sólo podemos alcanzar estos paradigmas con la concurrencia de expertos en las áreas de la Matemática, la Física, la Ingeniería y las Ciencias de la Computación donde, de manera transversal, puedan determinar modelos algorítmicos que funcionen de manera óptima con un diseño de paralelización específico. Es entonces claro que, dado un problema que requiere procesamiento de alto desempeño, no existe *a priori* un procedimiento numérico y una estructura de paralelización que se adapte de forma óptima.

En esta tesitura hoy en día, el CAR se ha convertido en una herramienta indispensable para el desarrollo de diversas áreas de la ciencia, desde el cálculo de condiciones ambientales, el modelado de sistemas de flujo, el transporte de partículas en medios difusos, hasta la

simulación de procesos sociales. En este sentido, la diversidad de áreas plantea la disyuntiva de varios enfoques en términos del procesamiento de la información, que van desde la división de datos para replicar el procesamiento, el manejo de memoria común y compartida, el control de la concurrencia y de la sincronización, tanto espacial como temporal, hasta el replanteamiento de la solución que implique una solución del problema en ambientes distribuidos.

Es así que el principal problema a resolver en Cómputo de Alto Rendimiento, es el replanteamiento de diversos métodos de procesamiento de información en paradigmas eficientes en el ámbito del procesamiento paralelo. De tal manera, es necesaria la concurrencia de especialistas en Matemáticas y en Ingeniería de Cómputo para replantear los distintos paradigmas y alcanzar el diseño más adecuado que se adapte a las restricciones propias del problema. Ya no es posible sugerir que la estructura computacional determina el procedimiento matemático, o que el algoritmo numérico indica la arquitectura de paralelización más adecuada. Es con la convergencia de los especialistas de las distintas áreas del conocimiento que participan en la solución del problema, como se podrá encontrar el resultado óptimo. Para ello es necesario plantear, en un lenguaje común, los problemas de las arquitecturas de paralelización junto con los modelos matemáticos y los algoritmos numéricos.

La Especialización que se propone cubre la necesidad de formar especialistas en el análisis, el diseño, el uso e implementación de sistemas de cómputo de alto rendimiento provenientes de diversos ámbitos del quehacer profesional, que requieren procesar altos volúmenes de datos de manera eficiente y certera. Ésta aportará el conocimiento necesario para poder contribuir a la solución de problemas complejos, tanto en su planteamiento como en el manejo de la información, y desarrollará en el alumno habilidades para el uso del cómputo de alto rendimiento en varios aspectos, desde el diseño de la plataforma hasta la adecuada implantación de la tecnología distribuida para el procesamiento de grandes volúmenes de datos.

## **1.2 Antecedentes**

La computación surgió como un área de investigación asociada fuertemente a las aplicaciones y a la ingeniería. La potencialidad y el desarrollo acelerado del cómputo, propiciaron el planteamiento de problemas formales cuya solución requería un conocimiento teórico abstracto; esto dio origen a la ciencia de la computación. Así, en el sentido más amplio, la computación se considera como un área de conocimiento que estudia aspectos tanto teóricos como prácticos del procesamiento de la información en todas sus formas y de manera eficiente. Con base en este contexto, el Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación fue creado para mantener el espíritu fundamental del estudio del cómputo bajo diversas perspectivas.

El plan de estudios de la Maestría en Ciencia e Ingeniería de la Computación se formó a partir de la adecuación y fusión de la Maestría en Ciencias de la Computación, de la Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de Posgrado (UACPYP) de la UNAM, con sede en el Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, y de la Maestría en Ingeniería (opción en Informática, opción de Electrónica en Neurocomputación) de la Facultad de Ingeniería. El plan de estudios del Doctorado en Ciencia e Ingeniería de la

Computación se constituyó a partir de la adecuación del plan de estudios del Doctorado en Ingeniería (Computación) existente en ese entonces en la Facultad de Ingeniería.

Dada la reforma impulsada en el posgrado desde 1996, estos planes de estudios se reorganizaron y cancelaron para dar paso a los planes de estudios de Maestría y Doctorado en Ciencia e Ingeniería de la Computación que conforman el Posgrado vigente. Es así que el 27 de mayo de 1998 el Consejo Académico del Área de las Ciencias Físico Matemáticas y de las Ingenierías (CAAFMI) aprueba el Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación, siendo en un inicio entidades académicas participantes las facultades de Ciencias, de Ingeniería, de Estudios Superiores Cuautitlán, y los institutos de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, de Ingeniería y de Matemáticas.

Posteriormente, el 10 de octubre del 2001, en la sesión ordinaria del pleno del CAACFMI, se aprobaron los ajustes al Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación. Estos ajustes se realizaron a solicitud de la Comisión de Trabajo Académico del H. Consejo Universitario, a fin de aprobar la creación del doctorado en Ciencia de la Computación, mismo que es aprobado por el H. Consejo Universitario el 1 de abril de 2002.

Dos años después, el 22 de junio de 2004 se aprueba la incorporación del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico como entidad académica participante en el Programa.

La modificación al Reglamento General de Estudios de Posgrado en 2005, y para adecuar los estudios impartidos en este Programa, se hizo necesario realizar un análisis y actualización de los mismos. Ante este escenario, en diciembre de 2011, se adecuó y modificó el plan de estudios de doctorado, mismo que se volvió a modificar al adecuarse la maestría en diciembre de 2013.

De la modificación de 2013 cabe resaltar la reorganización y actualización de los campos de conocimiento; se cambia la denominación del campo de conocimiento de: "Ingeniería de Sistemas y Redes Computacionales" por "Redes y Seguridad en Cómputo", la integración de los campos de conocimiento de: "Inteligencia Artificial" y "Redes Neuronales y Sistemas Adaptables" por "Inteligencia Artificial", la integración de los campos de conocimiento de: "Imágenes y Ambientes Virtuales" y "Procesamiento Digital de Señales", por "Señales, Imágenes y Ambientes Virtuales; así como la modificación en la denominación de los grados que se otorgaban, lo cual respondió a la reorganización de los estudios que se realizó.

La propuesta que se presenta para la creación del Plan de Estudios de Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento, tiene como antecedente el Proyecto de Cómputo de Alto Rendimiento en Tiempo Real con base en Elementos de Comunicación Media, que fue desarrollado como parte del Macroproyecto de Tecnologías para la Universidad de la Información y la Computación, UNAM, entre 2007 y 2008, por miembros de la Facultad de Ciencias, del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, del Instituto de Astronomía y del Instituto de Geofísica. Asimismo, durante el 2008 en el marco de los 50 años de la computación en México, se celebró en la UNAM el congreso sobre reflexión y perspectivas del área, de éste se obtuvieron conclusiones contundentes en lo referente a la formación de recursos humanos, surgiendo la necesidad de fortalecer la cantidad y calidad de la aplicación de la computación, así como de revisar el énfasis en la formación de fondo basada en conceptos computacionales sólidamente arraigados.

Por otro lado, vale la pena señalar la existencia de estudios similares, como por ejemplo la Maestría en Cómputo Paralelo impartida por la Universidad de Guadalajara, de reciente creación, enfocada a los sistemas paralelos con un claro plan hacia la visualización de datos, con una alta cantidad de elementos, algunos relacionados y/o con cierto grado de dependencia, lo cual convierte al diseño y al modelado de algoritmos paralelos en sistemas complejos para el manejo de memoria y comunicación entre procesadores.

Asimismo, existe la Maestría de Ciencias de la Computación de Alto Rendimiento, que ofrece por la Universidad de Edimburgo, que tiene un enfoque claro y concentrado en el manejo de datos entre procesadores, a través de la memoria o por medio de la red de cómputo, donde también se cultiva una serie de experiencias para la programación eficiente en ambientes complejos, empotrados o heterogéneos, dependiendo del tipo de arquitectura a usar.

Del Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación de la UNAM, cabe destacar que, si bien tiene como objetivo básico el estudio del cómputo, cualquier área cercana se convierte en optativa y no existe una liga concreta entre dichos estudios. Por este motivo, extender los alcances del Programa a través de la creación de la especialización en CAR, permitirá dar cabida a la consolidación del área, a la vez que generará un espacio de reflexión y estudio para diversos profesionales cercanos al tema. Es importante señalar que la especialización propuesta a su vez se articula con tres campos de conocimientos del Posgrado en Ciencia e Ingeniería en la Computación: Computación Científica, Ingeniería de *Software* y Bases de Datos, así como Redes y Seguridad en Cómputo.

La nueva especialización permitirá conjuntar el conocimiento y formalización de académicos dedicados al estudio del CAR, con la experiencia práctica de quienes aplican el CAR en sus proyectos de investigación, innovación y desarrollo. Así, se contará con un plan de estudios de posgrado, a nivel de especialización, que no sólo brinde conocimientos profundos y actualizados, sino que además estén adaptados a la aplicación en el contexto de un ambiente profesional cada vez más interdependiente, tanto del modelado como de la implementación de sistemas multiprocesador.

### **1.3 Fundamentación académica**

#### **1.3.1 Demandas del contexto**

La Computación en México, y más aún el Cómputo de Alto Rendimiento, es un campo joven, tanto en su contexto académico como industrial en el ámbito de la innovación y desarrollo. En ese sentido, es difícil establecer con precisión cuál es su estado actual en términos de inversiones, proyectos, números de profesionales involucrados, etcétera. Lo que sí es un hecho es la enorme necesidad del Cómputo de Alto Rendimiento; es decir, la tendencia a integrar las tecnologías para el manejo de grandes cantidades de información, para la programación de múltiples procesadores en diversos ambientes de comunicación, así como para el manejo de diversas formas de integrar mecanismos de almacenamiento dinámico. Sin embargo, a la fecha no se cuenta con un programa formal de estudios que permita que quienes se enfrentan al desarrollo y aplicación del Cómputo de Alto Rendimiento puedan realizar esta labor de una manera más adecuada, ya que normalmente enfrentan serias limitaciones conceptuales, metodológicas y tecnológicas en la producción de sistemas de *software* paralelo de alto rendimiento. Problemas que limitan de forma importante la calidad no sólo de

los programas desarrollados, sino indirectamente también a todas aquellas investigaciones que requieren del Cómputo de Alto Rendimiento para la obtención de resultados.

La industria del *software* en general, y el Cómputo de Alto Rendimiento en particular, tienen muy poco tiempo de ser objeto de seguimiento por parte de las dependencias gubernamentales del país, encargadas de proveer cifras sobre su desarrollo en México. Ante la carencia de indicadores oficiales, se hace uso de cifras y datos locales dentro de la UNAM que de manera directa den una idea clara de las demandas actuales a nivel universitario, y de manera indirecta, una idea aproximada de las necesidades en otras instituciones académicas e industriales nacional e internacionalmente.

Es de resaltar que la Unión Europea en su programa de fortalecimiento de Ciencia y Tecnología llamado Horizonte 2020, ha puesto al Cómputo de Alto Rendimiento como una de las áreas estratégicas de estudio y desarrollo tecnológico para la generación de soberanía, dada la dependencia que empieza a percibir en el manejo de grandes cantidades de datos para diversos asuntos de carácter estratégico, tanto a nivel regional, estatal o comunitario.

La situación en Estados Unidos: El reporte "*Computational Science: Ensuring America's Competitiveness*"<sup>1</sup>. En 2005, el Comité Asesor en Tecnología de la Información de la Presidencia de los Estados Unidos (PITAC, por sus siglas en inglés), publicó un reporte en respuesta al encargo de proveer asesoría independiente y experta sobre el estado de las tecnologías de la información en los Estados Unidos, con el objetivo de mantener su preeminencia en el área de Tecnologías Avanzadas de la Información. Los miembros de PITAC son líderes en investigación y desarrollo en la industria y la academia de esta área, y su intención es apoyar los esfuerzos de la actual administración para acelerar el desarrollo y adopción de las tecnologías de la información, consideradas en el mismo reporte como vitales para la prosperidad de los Estados Unidos en el siglo 21.

En este reporte, los miembros de PITAC seleccionan el área de ciencia computacional (*computational science*) como uno de los tres tópicos principales en la evaluación. En sus propias palabras, la ciencia computacional es "la aplicación de capacidades de computación a la solución de problemas del mundo real". La definición continúa reconociendo los diversos componentes, desde algoritmos, *software*, arquitectura, aplicaciones e infraestructura que colectivamente representan a la ciencia computacional. En su análisis, enfatizan que la ciencia computacional contribuye a lograr los objetivos científicos, económicos, sociales y de seguridad nacional de los Estados Unidos. Sin embargo, también sostienen que muchos de los objetivos de la ciencia computacional permanecen sin realizarse debido a ineficiencias en la infraestructura de investigación y desarrollo, así como la falta de una planificación y ejecución estratégica.

En su resumen ejecutivo, el reporte provee el siguiente resultado principal:

*La ciencia computacional es ahora indispensable para la solución de problemas complejos en todos los sectores, desde los dominios de la ciencia e ingeniería tradicionales hasta áreas clave tales como la seguridad nacional, salud pública e innovación económica. Avances en computación y conectividad hacen posible*

---

<sup>1</sup>President's Information Technology Advisory Committee. *Computational Science: Ensuring America's Competitiveness. Report to the President*, June, 2005.

*desarrollar modelos computacionales, capturar y analizar cantidades sin precedente de datos experimentales y observaciones para abordar problemas previamente considerados inextricables o más allá de la imaginación. Aun así, a pesar de las grandes oportunidades y necesidades, las universidades y el gobierno federal no han efectivamente reconocido el significado estratégico de la ciencia computacional tanto en sus estructuras organizacionales o en su planeación educativa o de investigación. Estas inadecuaciones comprometen el liderazgo científico, la competitividad económica y la seguridad nacional de los Estados Unidos.*

Como puede entenderse del reporte, para los miembros del PITAC la ciencia computacional es un área relevante basada en el cómputo de alto rendimiento, como se comenta en su recomendación principal que se encuentra en el propio resumen ejecutivo:

*Las agencias de investigación y desarrollo de las universidades y el gobierno federal deben hacer cambios coordinados, fundamentales y estructurales para afianzar el papel integral de la ciencia computacional para abordar los problemas más importantes del siglo 21, que son predominantemente multidisciplinarios, multiagencia, multisector y colaborativos. Para iniciar la transformación requerida, el gobierno federal, en asociación con la academia y la industria, deben también crear y ejecutar un plan de ruta multidécada dirigido a coordinar avances en ciencia computacional y sus aplicaciones en las disciplinas de ciencia e ingeniería.*

Dentro del propio reporte, los miembros del PITAC promueven el desarrollo de aplicaciones de alto rendimiento para resolver aquellos “problemas más importantes del siglo 21”, haciendo énfasis en la formación de expertos en el área, que sean capaces de contar con el conocimiento teórico y la experiencia práctica, para realizar los desarrollos y experimentos en ciencia computacional. Este es uno de los motivos principales de esta propuesta para la creación de la Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento, como una opción de Posgrado en la UNAM.

### **La situación en la UNAM: Proyectos de Cómputo de Alto Rendimiento en la UNAM**

Dentro de la UNAM, el Cómputo de Alto Rendimiento ha sido desarrollado como un área de estudio por un grupo de académicos en los últimos 14 años. Sin embargo, la oferta de infraestructura y apoyo para el desarrollo de aplicaciones de alto rendimiento, dentro de la UNAM, se presenta a partir de 1991, con la adquisición de la primera supercomputadora Cray YMP 4/432. A partir de entonces, la utilización de infraestructura de cómputo para alto rendimiento ha tenido un incremento estable y sostenido durante los siguientes años, bajo la responsabilidad del Departamento de Supercómputo de la Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación. Actualmente, tal entidad cuenta con la siguiente infraestructura de supercómputo<sup>2</sup>:

<b>Nombre</b>	<b>Modelo</b>	<b>Descripción General</b>
Miztli	HP CP 300SL	Supercomputadora paralela de memoria distribuida. Contiene 5,504 núcleos Intel E52600, 16 GPUs NVIDIA m2090, alrededor de 23 Terabytes de memoria principal y 750 Terabytes de memoria secundaria.

<sup>2</sup>Departamento de Supercómputo, DGSCA-UNAM. <http://www.super.unam.mx/>

Además de este equipo, dentro de la propia UNAM, existen diversas entidades universitarias que cuentan con uno o varios equipos que pueden ser considerados de alto rendimiento, como son computadoras *multicore*, *clusters* de computadoras, sistemas multiprocesador, etcétera.

Actualmente, toda esta infraestructura se utiliza para apoyar las labores de investigación en 88 proyectos de supercómputo de la comunidad académica de la UNAM, en las siguientes áreas de conocimiento<sup>3</sup>:

- Química cuántica.
- Bioquímica.
- Física de estado sólido.
- Dinámica de fluidos.
- Física atómica y molecular.
- Astronomía.
- Astrofísica.
- Ciencias de la tierra.

Es interesante hacer notar que el desarrollo de las aplicaciones de alto rendimiento en estos proyectos normalmente se realiza como labor directamente de los profesores o investigadores a cargo, o como labor de técnicos académicos y/o estudiantes adscritos al proyecto. Es común, entonces, que en un principio al menos quienes desarrollan las aplicaciones de alto rendimiento en la UNAM, no cuenten con la preparación y los conocimientos especializados adecuados para realizar estas funciones de alto rendimiento en cómputo, mismos que se adquieren después de un arduo esfuerzo por parte de académicos y estudiantes. Es por ello que, para disminuir este esfuerzo y optimizar recursos humanos y de infraestructura, se propone la especialización de quienes se enfrentan a las labores de desarrollo del Cómputo de Alto Rendimiento en la UNAM.

### Centros de Cómputo de Alto Rendimiento en México

Aun cuando el cómputo de alto rendimiento puede considerarse como incipiente en el país, hay una serie de instituciones públicas y privadas que han establecido “Centros de Supercómputo”, donde se desarrollan aplicaciones de alto rendimiento, como se presenta en la siguiente tabla<sup>4</sup>.

Centros	Equipo(s) más importantes	Número de procesadores
DGTIC-UNAM	<i>Cluster</i> Miztli	5504 + 16 GPUs
Centro Nacional de Supercómputo, SLP	<i>Cluster</i> Thubat-Kaal	2640 + 50 Coprocesadores Phi
Instituto Nacional de Medicina Genómica	<i>Cluster</i>	520
Universidad de Sonora	<i>Cluster</i> Mezquite	140
CINVESTAV-IPN	<i>Cluster</i> Xiuhcoatli	3480 + 36 GPUs
UAM-Iztapalapa	<i>Cluster</i> Aitzaloa <i>Cluster</i> Yoltia	1080 2160

<sup>3</sup>*Idem.*

<sup>4</sup>Coordinación General de Servicios de Cómputo Académico. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN. *El Supercómputo en México.*, México, 2008.

Estos centros principalmente se ubican en diferentes instituciones educativas y de investigación. En la tabla, se enumeran los principales equipos de cómputo de alto rendimiento que los hacen Centros de Supercómputo. Sin embargo, es sabido que en estas instituciones y en muchas otras, se han instalado y se utilizan otros equipos que no se consideran directamente como supercomputadoras, pero que son equipos de alto rendimiento, como *clusters* y *grids*. Normalmente, estas instituciones educativas y de investigación cuentan con programas de licenciatura y posgrado que ocasionalmente incluyen estudios de cómputo de alto rendimiento, paralelismo, distribución o supercómputo.

Es de destacar el incremento de este tipo de sistemas en diversos sectores de la sociedad, desde el ámbito científico técnico hasta el de servicios, todos alrededor del manejo, análisis y transporte, entre otros, de grandes cantidades de información. Dichas necesidades han sido subsanadas a través de los centros de datos, manejo de tecnología compartida, grandes arreglos de discos; sin embargo, es necesario, bajo la concepción del cómputo de alto rendimiento, formar a aquellos profesionistas que llevan a cabo dichas tareas de administración, diseño, análisis, certificación y uso masivo de este tipo de tecnología.

Atendiendo a esta necesidad, actualmente demandada por varios sectores, es que se plantea este nuevo plan de estudios inmerso en la cooperación de diversas entidades académicas de la UNAM.

### Oferta educativa

El estado de la formación de recursos humanos para el área de Cómputo de Alto Rendimiento en México, muestra que los principales cursos en la materia se imparten en los centros de supercómputo, que dedican esfuerzos para la formación de recursos humanos particularmente para los equipos con que cuentan. Sin embargo, la mayoría presenta esta opción únicamente como formación especializada, o en el mejor de los casos un diplomado, dirigidos a estudiantes que se encuentran cursando licenciaturas o posgrados en áreas que hacen uso del Cómputo de Alto Rendimiento, y no como el estudio del cómputo en sí mismo.

Por otro lado, existen varios programas nacionales de posgrado en cómputo que contienen, como parte de su plan de estudios, algunas actividades académicas de Cómputo de Alto Rendimiento; no obstante, es de destacar que en ningún caso, las actividades académicas relacionadas con este campo de conocimiento, forman parte del tronco común o del núcleo básico de actividades académicas de los planes de estudio que se revisaron; sino que son actividades académicas de carácter optativo, que no responden a las demandas específicas que se requieren y que se plantea en esta especialización.

Algunos de los planes de estudio de maestría y doctorado más relevantes se presentan en la siguiente tabla:

Planes de Estudio	Institución y Estado	Objetivo
Maestría y Doctorado en Ciencia e Ingeniería de la Computación.	UNAM, Distrito Federal.	Busca la formación de estudiantes con bases sólidas de computación y de su campo de conocimiento o línea de investigación, que sean capaces de aportar en términos tecnológicos y profesionales al desarrollo de la computación <sup>5</sup> .

<sup>5</sup>UNAM, Plan de Estudios del Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación. México, 2013.

Planes de Estudio	Institución y Estado	Objetivo
Ciencias de la Computación.	CINVESTAV-IPN, Distrito Federal.	Busca preparar especialistas en el área de la computación capaces de aplicar la teoría, metodologías y las técnicas de la disciplina <sup>6</sup> .
Doctorado en Ciencias Computacionales.	ITESM, Distrito Federal.	Busca la generación de conocimiento relacionado con las nuevas metodologías computacionales para la solución de problemas <sup>7</sup> .
Maestría en Ciencias Computacionales.	Instituto Tecnológico de Morelia, Michoacán.	Busca la formación de líderes, analíticos, críticos y creativos con visión estratégica, con la capacidad de diseñar, implementar y administrar infraestructura computacional para aportar soluciones innovadoras <sup>8</sup> .
Maestría en Ciencias de la Ingeniería.	UAEM, Estado de México.	Tiene la finalidad de preparar profesionales de alto nivel, capaces de solucionar problemas con la aplicación de las tecnologías de la información en un ambiente de redes de computadoras y comunicaciones <sup>9</sup> .
Maestría en Ciencias de la Computación.	UAGro, Guerrero	Busca realizar una programación de los modelos de representación de la información y de los procesos computacionales <sup>10</sup> .
Maestría en Ciencias Computacionales.	UAG, Jalisco.	Plantea la formación de maestros capaces de desarrollar robustos y avanzados sistemas de software, utilizando métodos y herramientas para diseñar, construir, analizar, probar, administrar y mantener sistemas de <i>software</i> mediante la mejora de técnicas y herramientas para producir software de alta calidad <sup>11</sup> .
Maestría en Ciencias de la Computación.	UAM, Distrito Federal.	Tiene como tarea contribuir a la solución de problemáticas generales y particulares a través del desarrollo e implementación de sistemas computacionales <sup>12</sup> .
Maestría en Ciencias de la Computación.	BUAP, Puebla.	Busca la formación de profesionales en las Ciencias de la Computación con énfasis en la investigación <sup>13</sup> .

<sup>6</sup>Maestría en Ciencias de la Computación. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Disponible en: <http://www.cs.cinvestav.mx/posgrmaestria.html>

<sup>7</sup>Doctorado en Ciencias Computacionales. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Disponible en: [http://www.itesm.mx/wps/portal?WCM\\_GLOBAL\\_CONTEXT=/migration/CVA2/Cuernavaca/Programas+educativos/Maestr as/D octorados/Programas+en+el+ rea+de+Tecnolog as+de+Informaci n+y+Electr nica/Doctorado+en+Ciencias+Computacionales](http://www.itesm.mx/wps/portal?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/migration/CVA2/Cuernavaca/Programas+educativos/Maestr as/D octorados/Programas+en+el+ rea+de+Tecnolog as+de+Informaci n+y+Electr nica/Doctorado+en+Ciencias+Computacionales)

<sup>8</sup>Maestría en Ciencias Computacionales. Instituto Tecnológico de Morelia. Disponible en: [http://www.emagister.com.mx/maestria/maestria\\_ciencias\\_computacionales-cursos-2291331.htm](http://www.emagister.com.mx/maestria/maestria_ciencias_computacionales-cursos-2291331.htm)

<sup>9</sup>Maestría en Ciencias de la Ingeniería. Universidad Autónoma del Estado de México. Disponible en: [http://www.uaemex.mx/pestud/mae\\_doc/ingenieria/MaeInf.html](http://www.uaemex.mx/pestud/mae_doc/ingenieria/MaeInf.html)

<sup>10</sup>Maestría en Ciencias de la Computación. Universidad Autónoma de Guerrero. Disponible en: <http://www.uacyti.uagro.net/Maestria/objetivo.html>

<sup>11</sup>Maestría en Ciencias Computacionales. Universidad Autónoma de Guadalajara. Disponible en: <http://www.uag.mx/maestria/maestria-ciencias-computacionales/>

<sup>12</sup>Maestría en Ciencias de la Computación. Universidad Autónoma Metropolitana. Disponible en: [http://posgradoscbi.azc.uam.mx/descargas/pe\\_mcc.pdf](http://posgradoscbi.azc.uam.mx/descargas/pe_mcc.pdf)

<sup>13</sup>Maestría en Ciencias de la Computación. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Disponible en: [http://posgrado.cs.buap.mx/wordpress/?page\\_id=5](http://posgrado.cs.buap.mx/wordpress/?page_id=5)

Planes de Estudio	Institución y Estado	Objetivo
Ciencias de la Computación.	CINVESTAV-IPN, Tamaulipas.	Tiene el propósito de preparar especialistas en ciencias de la computación que conozcan y sepan aplicar la teoría, metodologías y las técnicas más modernas de la disciplina <sup>14</sup> .
Maestría y Doctorado en Ciencias Computacionales.	INAOE, Puebla.	Se plantea como objetivos la preparación de investigadores capaces de identificar y resolver problemas científicos fundamentales en Ciencias Computacionales, con capacidad de liderazgo y acción independiente; además formar recursos humanos de alto nivel con capacidad para participar en la generación de conocimientos científicos básicos y contribuir al desarrollo de nuevos campos de la investigación <sup>15</sup> .

Puede observarse que la UNAM aparece como parte de esta lista de programas de posgrado. Sin embargo, ninguno de estos programas provee una especialización precisa en Cómputo de Alto Rendimiento, todos ellos lo consideran únicamente como una parte, curso, opciones terminales o materias relacionadas con temas más generales en computación. Como se detallará más adelante, esto es debido a que aun cuando varios de los posgrados que se ofertan consideran al Cómputo de Alto Rendimiento, no cuentan explícitamente en sus planes de estudio con la formación específica de recursos humanos con el perfil que aquí se propone.

En la tabla anterior, es notoria la existencia de cinco instituciones educativas con oferta académica (pero no específica) de posgrado formal en el área de Cómputo de Alto Rendimiento. Dados los últimos desarrollos en tecnología de microprocesadores, plataformas de cómputo, y su aplicación en la resolución de problemas cada vez más complejos y/o de mayor tamaño, es de esperarse que otras instituciones educativas también tengan algún tipo de oferta.

Algunas conclusiones del análisis de los planes de estudio de estos programas de posgrado son las siguientes:

- a. La formación de recursos humanos para el Cómputo de Alto Rendimiento, es un aspecto que crece rápidamente y se está haciendo prioritario en varias áreas de investigación y desarrollo, lo que contribuye a la demanda de recursos humanos preparados en el área;
- b. Es difícil definir un plan de estudios de posgrado que considere, al mismo tiempo, bases teóricas sólidas, conjuntamente con la experiencia práctica y los últimos desarrollos tecnológicos; y
- c. No es fácil hallar profesores del área.

<sup>14</sup>Maestría en Ciencias de la Computación. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Tamaulipas. Disponible en: [http://www.tamps.cinvestav.mx/posgrado\\_maestria\\_computacion\\_objetivos](http://www.tamps.cinvestav.mx/posgrado_maestria_computacion_objetivos)

<sup>15</sup>Maestría y Doctorado en Ciencias Computacionales. Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, Puebla. Disponible en: <http://posgrados.inaoep.mx/computacion/doctorado.php>

En lo que respecta a la UNAM, ésta cuenta con algunas características y cursos, tanto en algunas licenciaturas como en el posgrado, que consideran al Cómputo de Alto Rendimiento. Algunos ejemplos son:

En la licenciatura

- La Facultad de Ciencias, en la “Licenciatura en Ciencias de la Computación”, ofrece cursos optativos relacionados, tales como “Algoritmos Paralelos” y “Teoría de la Concurrency”<sup>16</sup>.
- La Facultad de Ingeniería, en la “Licenciatura de Ingeniería en Computación”, ofrece en el módulo de “Ingeniería de *Software*” la asignatura de “Cómputo de Alto Desempeño”<sup>17</sup>.
- La Facultad de Contaduría y Administración, en la “Licenciatura en Informática”, incluye la asignatura optativa en el área de Redes y Telecomunicaciones “Redes Neuronales y Sistemas Expertos”<sup>18</sup>.
- La Facultad de Estudios Superiores Acatlán, en la “Licenciatura en Matemáticas Aplicadas y Computación”, ofrece entre las asignaturas optativas del octavo semestre el curso de “Programación Paralela y Concurrente”<sup>19</sup>.
- La Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, en la “Licenciatura en Informática”, ofrece el “Seminario de Proceso Distribuido”<sup>20</sup>.

En el Posgrado

- El Posgrado en “Ciencia e Ingeniería de la Computación”, ofrece en el campo Ingeniería de *Software* y Bases de Datos la actividad académica de “Programación Concurrente”, y en el área de Ingeniería de Sistemas y Redes Computacionales, las actividades académicas de “Procesamiento en Paralelo”, “Procesamiento Paralelo en Sistemas en Tiempo Real” y “Sistemas Distribuidos y Verificación”<sup>21</sup>.

Este breve análisis permite observar que los enfoques de los programas de posgrado que aquí se presentan están orientados hacia la profesionalización de conocimientos de los estudiantes, para responder a las necesidades profesionales del mercado laboral. Asimismo, se muestra hasta qué punto el Cómputo de Alto Rendimiento es tratado como un tema periférico en los diferentes planes de estudio universitarios, a pesar de su creciente demanda e importancia para diversos sectores de la sociedad.

### **Demanda estimada**

Para calcular la posible demanda de aspirantes a cursar la Especialización que se propone, se tiene como referencia el programa académico impulsado a finales del 2014 por el Instituto de Geofísica, denominado: Plan de Capacitación Intensivo en Cómputo de Alto Desempeño. Se

<sup>16</sup>UNAM, Plan de Estudios de la Licenciatura en Ciencias de la Computación, México, 2011. Disponible en: [http://www.dgae.unam.mx/planes/f\\_ciencias/Cien-Com.pdf](http://www.dgae.unam.mx/planes/f_ciencias/Cien-Com.pdf)

<sup>17</sup>UNAM, Plan de Estudios de la Licenciatura de Ingeniería en Computación, México, 2011. Disponible en: [http://www.dgae.unam.mx/planes/f\\_ingenieria/ing-comp.pdf](http://www.dgae.unam.mx/planes/f_ingenieria/ing-comp.pdf)

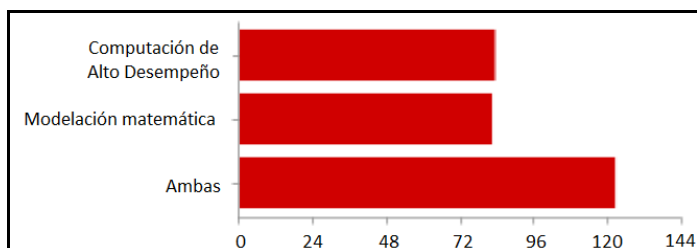
<sup>18</sup>UNAM, Plan de Estudios de la Licenciatura en Informática, México, 2011. Disponible en: [http://www.dgae.unam.mx/planes/f\\_contad/Inform.pdf](http://www.dgae.unam.mx/planes/f_contad/Inform.pdf)

<sup>19</sup>UNAM, Plan de Estudios de la Licenciatura en Matemáticas Aplicadas, México, 2013. Disponible en: [http://www.dgae.unam.mx/planes/acatlan/Mat-aplic\\_acatlan.pdf](http://www.dgae.unam.mx/planes/acatlan/Mat-aplic_acatlan.pdf)

<sup>20</sup>UNAM, Plan de Estudios de la Licenciatura en Informática, México, 2013. Disponible en: [https://www.dgae.unam.mx/planes/fes\\_cuautli/Inform-Cuau.pdf](https://www.dgae.unam.mx/planes/fes_cuautli/Inform-Cuau.pdf)

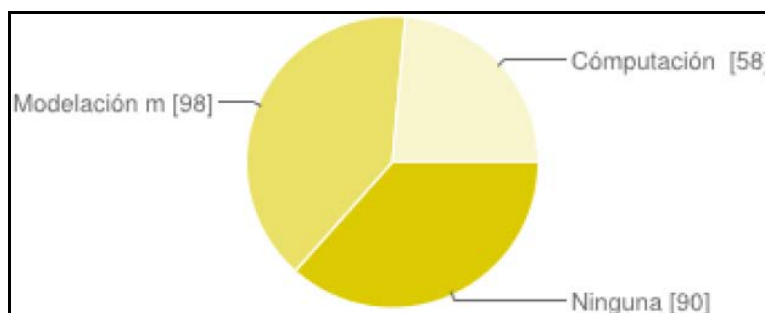
<sup>21</sup>UNAM, Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación. Disponible en: [http://www.mcc.unam.mx/m\\_plan.htm](http://www.mcc.unam.mx/m_plan.htm)

recibieron más de 240 solicitudes en tan sólo siete días hábiles, provenientes de Ciencia e Ingeniería de la Computación, Física e Ingeniería de Sistemas. Las áreas de interés que manifestaron los aspirantes fueron Computación de Alto Desempeño y Modelación Matemática:



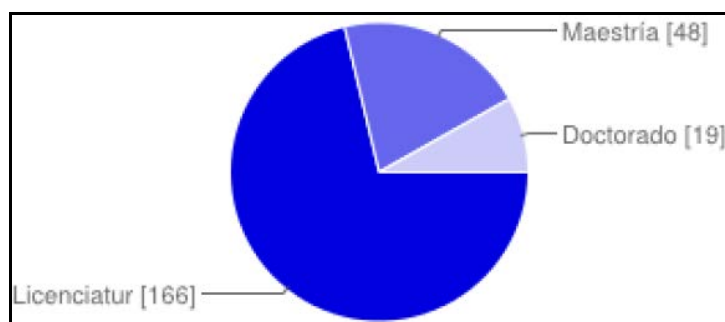
Área de interés	Número de alumnos	Porcentaje
Computación de Alto Desempeño	83	34%
Modelación Matemática	82	33%
Ambas	122	50%

Respecto a la experiencia que tienen los aspirantes en las áreas antes mencionadas, es:



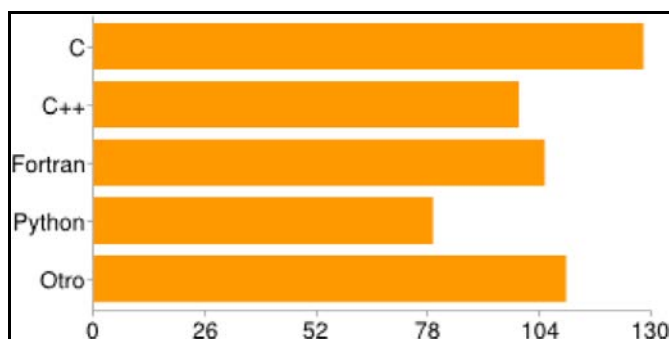
Área	Número de alumnos	Porcentaje
Ninguna	90	37%
Modelación Matemática	98	40%
Computación de Alto Desempeño	58	24%

La siguiente gráfica muestra el nivel de estudios de los alumnos interesados. Se observa que la mayoría son de licenciatura. También hubo aspirantes con estudios de maestría y doctorado.



Nivel de estudios	Número de alumnos	Porcentaje
Licenciatura	166	67%
Maestría	48	20%
Doctorado	19	8%

Los lenguajes de programación que manifestaron tener los aspirantes son:



Lenguaje de programación	Número de alumnos	Porcentaje
C	128	52%
C++	99	40%
Fortran	105	43%
Python	79	32%
Otro	110	45%

Otro referente para estimar la demanda, es la experiencia que tiene el Departamento de Supercómputo de la DGTIC, con el plan de becarios en Cómputo de Alto Rendimiento. Éste constó de 16 cursos intensivos de 10 horas a la semana, y dedicar a un proyecto final de cuatro a seis meses. Este plan fue dirigido a estudiantes de licenciaturas en ciencias e ingeniería con al menos 70% de créditos, en este plan se tuvieron poco más de 30 solicitudes.

Otra experiencia, a nivel nacional, es el informe de matrícula de inicio de curso 2014-2015 en los Posgrados de la Universidad de Guadalajara, en el área en ciencias en ingeniería electrónica y computación en la que está presente la maestría en cómputo paralelo, en él se menciona que tienen un total de 44 alumnos entre el primer y segundo año de la carrera, así como 26 egresados en el periodo. En los documentos de cobertura y oferta académica de la misma Universidad, se menciona que tienen un porcentaje de aceptación del 37%, con un promedio de 46 aspirantes.

Internacionalmente, también se cuenta con los datos del PlanetHPC, que proporciona un foro a los investigadores europeos, científicos e industriales para identificar los desafíos que enfrenta la computación de alto rendimiento (HPC), con especial énfasis en *software* y *hardware* para la simulación y el modelado. Está liderado por el Centro de Cómputo Paralelo de Edimburgo (EPCC), uno de los mayores centros de supercómputo de Europa con sede en la Universidad de Edimburgo.

El curso se ha llevado a cabo durante once años, con alrededor de entre 25 y 30 estudiantes cada año. Con una amplia gama de perfiles de ingreso, el principal objetivo es dar a cada estudiante una base sólida en la escritura de código real para resolver problemas reales, en cualquier área de interés personal.

### **1.3.2 Descripción del campo de conocimiento: Cómputo de Alto Rendimiento**

El Cómputo de Alto Rendimiento se utiliza para resolver problemas cuya escala (en cantidad de datos o complejidad de operaciones), no es realista o costo/efectivo para otros sistemas de cómputo. Así, el Cómputo de Alto Rendimiento se refiere a la aplicación del procesamiento paralelo para ejecutar programas de aplicación avanzados eficientes, confiables y rápidamente. El término aplica especialmente a sistemas que funcionan por arriba de un *Teraflop* o un billón (10<sup>12</sup>) de operaciones de punto flotante por segundo.

Generalmente, se refiere a la práctica de agregar poder de cómputo de tal forma que proporcione un rendimiento mucho mayor de lo que podría lograr una computadora de escritorio, con el fin de resolver grandes problemas de las áreas de la ciencia, ingeniería o de negocios.

Aun cuando el Cómputo de Alto Rendimiento carece comúnmente de conceptos unificadores que lo definan plenamente, se puede afirmar que reside en la intersección de disciplinas tan diversas como las ciencias de la computación, las redes y telecomunicaciones, el diseño y programación de *software*, la arquitectura de computadoras y compiladores, y la tecnología de la información. De tal modo, y debido a los adelantos en los últimos años, el Cómputo de Alto Rendimiento, en su forma más amplia, progresivamente se extiende ya no solamente al ámbito de la investigación, sino que llega hasta la escena cotidiana con nuevos sistemas personales de cómputo *multi-core* y *multi-procesador*, que se encuentran en el mercado. El hecho del Cómputo de Alto Rendimiento evolucionará en tecnologías tales como *Big Data*, Cómputo en Nube o Cómputo Ubicuo. En el futuro a mediano plazo, se espera que los equipos empujados en teléfonos celulares o máquinas inteligentes tales como automóviles, cámaras o dispositivos de uso común, contengan elementos de procesamiento lo suficientemente poderosos que en conjunto con una capacidad de comunicación altamente flexible y rápida, constituirán redes de procesamiento enfocadas a objetivos a corto plazo para la toma de decisiones tales como seguridad, monitoreo de salud, detección temprana de epidemias, comportamientos sociales libres de escala entre tantos otros.

Es de relevancia hacer notar que se han hecho grandes esfuerzos desarrollados por varias naciones, así como por organismos multinacionales como la Unión Europea, la Unión Asia Pacífico, entre otras para adoptar como línea estratégica de desarrollo y estudio al Cómputo de Alto Rendimiento, buscando fortalecer sus redes tanto de comunicación como de procesamiento de datos a gran escala, así como la propiedad de su información pero sobre todo de su análisis.

### **1.3.3 Situación de la docencia e investigación de las instituciones y de las entidades académicas participantes**

Las entidades académicas que participan en el Programa y las que se incorporan de manera exclusiva para colaborar con la especialización (Instituto de Física, Instituto de Geofísica, Instituto de Astronomía y Dirección General Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación), cuenta con profesores e investigadores titulares con reconocida trayectoria en las áreas de Ingeniería de Sistemas, Cómputo Paralelo y Distribuido, Algoritmos, etcétera, que activamente participan en el Posgrado de Ciencia e Ingeniería de la Computación. De este modo, estas entidades tienen personal con la trayectoria académica y profesional necesarias para formar especialistas en Cómputo de Alto Rendimiento. También cuentan con los diversos equipos de cómputo requeridos para que se puedan impartir los estudios; particularmente de las entidades que se incorporan para efectos de la especialización, es de desatacar que:

El Instituto de Geofísica realiza investigación en diversas áreas del Cómputo de Alto Rendimiento. Destacan el desarrollo y la aplicación de métodos de descomposición de dominio; el diseño de algoritmos paralelos para la solución numérica de ecuaciones diferenciales parciales; y el desarrollo de programas de cómputo para la simulación de terremotos, producción eficiente de hidrocarburos y flujo de aguas subterráneas.

El Instituto de Física cuenta con un laboratorio de supercómputo en el que se desarrollan aplicaciones y *software*, orientadas al cómputo científico.

Los investigadores del Instituto de Astronomía hacen uso del cómputo de alto rendimiento en materia de cálculo sobre modelos de astrofísica.

Respeto a las entidades académicas que ya participan en el Programa, el Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas tiene amplia experiencia en sistemas *cluster* de servidores, tanto en el diseño, instalación, configuración, mantenimiento y administración de estos equipos. También, ha implementado *software* de forma paralela y distribuida.

La Facultad de Ciencias cuenta con investigadores que están involucrados en la programación, diseño y análisis de sistemas complejos para la automatización computacional en cuanto al uso de sistemas de almacenamiento y procesamiento masivo de información.

El Cómputo de Alto Desempeño es de hecho un campo desarrollado por un número importante de académicos de diversas instituciones de educación superior, que ven en él una solución para los problemas en sus disciplinas particulares.

#### **1.4 Procedimiento empleado en el diseño del Programa y de su plan de estudios, y resultados más relevantes que justifican la creación de la Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento**

Desde 2007, un grupo de académicos provenientes de la Facultad de Ciencias, del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, del Instituto de Geofísica, del Instituto de Astronomía y del Instituto de Física, realiza un seminario semanal de los especialistas en el área de cómputo de alto rendimiento como parte del *Proyecto Cómputo de Alto Rendimiento en Tiempo Real con base en Elementos de Comunicación Media* del *Macroproyecto de Tecnologías para la Universidad de la Información y la Computación, UNAM*, donde se discuten, analizan, definen y proponen varios temas relativos al Cómputo de Alto Rendimiento. Asimismo, durante el 2008 en el marco de los 50 años de la computación en México, se celebró en la UNAM el congreso sobre reflexión y perspectivas del área, de éste se obtuvieron conclusiones contundentes en lo referente a la formación de recursos humanos, surgiendo la necesidad de fortalecer la cantidad y calidad de la aplicación de la computación, así como de revisar el énfasis en la formación de fondo basada en conceptos computacionales sólidamente arraigados. En particular se identificó lo siguiente:

- La comunidad académica y científica dentro y fuera de la UNAM, manifiesta cada vez más la necesidad de utilizar recursos de Cómputo de Alto Rendimiento, pero no cuentan con la preparación suficiente ni con el tiempo para hacerlo de la manera más adecuada para sus intereses.
- Los sectores tanto productivo como de servicios han incorporado en sus modelos de innovación y desarrollo, herramientas metodológicas concernientes al Cómputo de Alto Rendimiento, presentando una oferta interesante de trabajo para varios universitarios con el conocimiento básico en áreas cercanas, pero con una preparación fundamental para el desarrollo de proyectos de cómputo.
- En este sentido se observó la falta de experiencia y práctica de programadores y desarrolladores de aplicaciones de alto rendimiento, así como la ausencia de conexión entre quienes se dedican al estudio formal del área y la práctica de quienes aplican CAR en sus proyectos de investigación.
- Pese a lo anterior se reconoce que el Cómputo de Alto Rendimiento ha alcanzado, a la fecha, un grado suficiente de madurez como una disciplina académica de estudio desarrollada por algunos académicos, lo que permite proponer y contar con planes de estudio de posgrado a nivel internacional. Propuestas similares existen en varios posgrados alrededor del país, sin embargo, dichas estrategias se encuentran inmersas en áreas de estudio donde el cómputo no es una materia central, dejando al estudiante con huecos importantes en términos metodológicos.
- Si bien el Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación de la UNAM, tiene como objetivo básico el estudio del cómputo, cualquier área cercana se convierte en optativa y no existe una liga concreta entre dichos estudios. Por este motivo, extender los alcances del Programa a través de la creación de la Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento, permitirá dar cabida a la consolidación del área a la vez que generará un espacio de reflexión y estudio para diversos profesionales cercanos al tema. Cabe señalar que la especialización propuesta a su vez se articula con tres campos de conocimientos del Posgrado en Ciencia e Ingeniería en la Computación: Computación Científica, Ingeniería de *Software* y Bases de Datos, y Redes y Seguridad en Cómputo.

- La nueva especialización permitirá conjuntar el conocimiento y formalización de académicos dedicados al estudio del CAR, con la experiencia práctica de quienes aplican el CAR en sus proyectos de investigación, innovación y desarrollo. Así, se contará con un plan de estudios de posgrado, de especialización, que no sólo brinde conocimientos profundos y actualizados, sino que además estén adaptados a la aplicación en el contexto de un ambiente profesional cada vez más interdependiente, tanto del modelado como de la implementación de sistemas multiprocesador.
- La creciente demanda de estudiantes formados en un programa de estudios de posgrado que responda a las necesidades de especialización en un área altamente valorada, tanto en el ambiente académico como en el ambiente industrial.

Asimismo, esta propuesta tiene como antecedentes las experiencias de interacción con otros proyectos dentro del marco del Macroproyecto, así como el Plan de Becarios de Supercómputo implantado en la entonces Dirección General de Servicios de Cómputo Académico. Con estas dos fuentes, se parte de la experiencia a fin de proponer lo que una especialización debería contener.

Con base en esta fundamentación, la especialización propuesta fue diseñada tratando de dar respuesta a diversas necesidades de las comunidades aquí reflejadas, a través de la formación de especialistas en cómputo de alto rendimiento, provenientes de distintas disciplinas. Es importante señalar que la conformación del plan de estudios tiene su fundamento en varias actividades consideradas formativas que buscan establecer un carácter común de conocimientos entre los distintos estudiantes que cursarían esta especialización. No se busca establecer cursos remediales ni introductorios, más bien, formales al campo de conocimiento.

Durante el diseño de esta especialización se tomaron en cuenta tres puntos fundamentales, las herramientas metodológicas con que se cuenta actualmente en la UNAM, como el *software* tanto de simulación como de implementación para sistemas enfocados al cómputo de alto rendimiento; el grupo de académicos comprometidos en formar parte de dicho proyecto, los cuales se identifican en diversas entidades académicas de la propia universidad; así como la infraestructura sobre cómputo de alto rendimiento con que cuenta la universidad, que al igual que sus recursos humanos, se encuentran distribuidos en diversas entidades dentro del *campus* de Ciudad Universitaria. En este documento se dará una revisión a estos tres puntos, importantes para entender cómo se conformó este plan de estudios, además de las capacidades de formación de los académicos involucrados.

Por último, pero no menos importante, es el entendimiento del mercado de trabajo el cual, por su naturaleza multidisciplinaria, conlleva un alto reto dentro de las diversas avenidas de formación profesional que puede seguir el egresado de la especialización. En principio se definió que el egresado se incorporará al sector productivo con las habilidades adquiridas para poder competir con la demanda en el análisis de sistemas complejos de información. De hecho, como ya se ha mostrado en el presente documento, existe una alta demanda en áreas como ingeniería, de la salud, de la modelación, entre otras, que requieren de especialistas capaces de diseñar y analizar sistemas multi-procesador para el manejo de la información con base en diversas plataformas de procesamiento. Este último punto es lo que da fundamento inicial para plantear a la especialización como una opción multi-disciplinaria, dado que se busca formar a especialistas con capacidades de comunicación y trabajo en equipo, así como con las habilidades necesarias para el diseño de soluciones en el entorno de plataformas multi-procesador.

El procedimiento que se siguió fue, en principio, aglomerar a la comunidad académica del área para compartir las experiencias en la formación de recursos humanos en cómputo de alto rendimiento, desde la perspectiva propia de cada área. Una segunda etapa fue la identificación de los distintos programas de posgrado en donde se retomaron las ideas principales para el diseño del programa de alto rendimiento, encontrando un área de oportunidad en la formación de especialistas del cómputo sin perder su orientación profesional original. Dada esta revisión se concluyó establecer una especialización acorde a esta necesidad, dichos estudios se diseñaron a partir de los cursos del PCIC y la valiosa interacción con posgrados afines como: ciencias de la tierra, ingeniería, astrofísica, entre otros.

## **2. Plan de Estudios de la Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento**

### **2.1 Objetivo del plan de estudios**

Formar especialistas en Cómputo de Alto Rendimiento, capaces de diseñar, implementar, analizar y evaluar aplicaciones en equipos de cómputo de multiprocesamiento, orientados hacia la resolución de problemas inherentes a su área de ejercicio profesional.

### **2.2 Perfiles**

#### **2.2.1 De ingreso**

Conocimientos:

- Básicos de matemáticas y cómputo (ecuaciones diferenciales y programación).

Habilidades:

- Plantear problemas complejos en su campo de estudio profesional, tales que demanden el manejo de grandes cantidades de datos y su procesamiento no pueda ser desarrollado bajo una única línea de cálculo.
- Discernir problemas que requieran un análisis exhaustivo de los datos en algún problema complejo de su campo de estudio profesional.
- Tener manejo matemático de los problemas de interés.
- Programar sistemas de cómputo básicos.

Actitudes:

- El aspirante deberá mostrar interés en realizar actividades relacionadas con el análisis, diseño e implementación de aplicaciones de cómputo, así como tener disposición para el trabajo en equipo.

El Comité Académico del Posgrado evaluará la pertinencia de admitir a aquellos aspirantes cuya formación pertenezca a otras áreas de conocimiento.

### **2.2.2 De egreso**

Conocimientos:

- Para el análisis, diseño, implementación y uso de los sistemas del CAR en un ambiente de varios procesadores y diversas formas de comunicación y del manejo de la memoria.
- De las diferentes tecnologías que conforman el campo del CAR.
- Dominará diferentes lenguajes de programación.

Habilidades:

- Discernir entre varios elementos de diseño sobre el CAR para establecer soluciones a la necesidad de procesamiento de información, con base en un conocimiento profundo de la arquitectura de cómputo a diseñar para resolver problemas complejos en su quehacer profesional.
- Identificar problemas de su área de trabajo que requieran de la aplicación del CAR.
- Colaborar en el diseño de esquemas de recolección de información propia de su actividad.
- Se brindará al estudiante una formación rigurosa que le permitirá desarrollar en equipo aplicaciones de CAR.
- En diferentes tecnologías que conforman el campo.
- Será capaz de coordinar un proyecto de desarrollo, además de asumir uno o varios de los diferentes papeles en el equipo de trabajo.

Actitudes:

- Actitud crítica ante los retos de procesar grandes cantidades de información.
- Disposición para trabajar en equipo.

### **2.2.3 Del graduado**

El graduado de la especialización habrá adquirido el conocimiento formal y las habilidades prácticas en programación, para utilizar recursos de cómputo para resolver un problema complejo o de gran tamaño mediante una aplicación de CAR, además de poder seleccionar la tecnología más adecuada según su formación profesional, así como dominar diferentes lenguajes de programación.

Se desarrollará en el ámbito del procesado de la información de manera compleja y en un ambiente multiprocesador, las actividades que realice serán el análisis, diseño, implementación y mantenimiento de las soluciones con base en el CAR y de sus campos de estudio, a partir del análisis de sistemas de cómputo multiprocesador. El graduado tendrá la capacidad de desarrollarse en los sectores tanto productivo como académico, innovando soluciones en su campo de estudio, usando sistemas de cómputo multiprocesador. En especial, el graduado tendrá un espacio de laboral en empresas dedicadas a la innovación tecnológica, al análisis de la información, a la visualización de la información, así como al desarrollo de inteligencia tecnológica con base en problemas complejos.

El horizonte laboral del especialista en Cómputo de Alto Rendimiento lo representan las instituciones de educación superior, investigación o desarrollo tecnológico, así como empresas que necesiten resolver problemas complejos tales como decodificadores de genomas, películas animadas sobre todo en 3D y 4D, analizadores de los riesgos financieros, coordinación de simulaciones de pruebas de choque en automóviles, soluciones de modelado del clima terrestre, exploración de yacimientos de petróleo, simulación del comportamiento de las aeronaves, etcétera; en todas las áreas antes mencionadas, podrá dedicarse a la enseñanza o a la aplicación del Cómputo de Alto Rendimiento en proyectos de innovación y desarrollo, particularmente en su disciplina de origen.

### **2.3 Duración de los estudios y el total de créditos**

El plan de estudios de la Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento se cursará en dos semestres para alumnos de tiempo completo, excepcionalmente se aceptarán alumnos de tiempo parcial, en cuyo caso la duración será de tres semestres. En estos periodos deberán ser cubiertas las actividades académicas establecidas en el plan de estudios.

El plan de estudios tiene un valor total en créditos de 48, de los cuales 24 corresponden a tres actividades académicas obligatorias y 24 a cuatro actividades académicas optativas.

El Comité Académico, sólo en casos plenamente justificados, podrá otorgar un plazo adicional de un semestre consecutivo para concluir los créditos y obtener el grado. Si el alumno no obtiene el grado en los plazos establecidos, el Comité Académico decidirá si procede la baja definitiva del plan de estudios. En casos excepcionales, el Comité Académico podrá autorizar una prórroga más con el único fin de que el alumno obtenga su grado.

### **2.4 Estructura y organización del plan de estudios**

#### **2.4.1 Descripción general**

El plan de estudios de la Especialización en Cómputo del Alto Rendimiento, contiene sólo el campo de conocimiento en CAR, con un total de 48 créditos organizados, dos actividades obligatorias orientadas al estudio de aspectos básicos del CAR, como por ejemplo en el manejo, estudio y diseño de los sistemas operativos, el diseño y manejo de redes de cómputo de alta fiabilidad; así como una formación teórico-práctica que le permita manejar ambientes complejos y heterogéneos desde el punto de vista distribuido con base en distintas arquitecturas de cómputo, por ende, diversos paradigmas de comunicación y procesamiento de la información. Cuatro actividades optativas enfocadas a la diversidad de elementos metodológicos necesarios para aproximarse a las posibles conjeturas a observar en su campo de estudio inicial. Dichas actividades serán tomadas de común acuerdo con el tutor en turno del estudiante y responderán a inquietudes específicas en el quehacer de estudio del propio estudiante en el marco de tres núcleos integradores. Se espera que estas actividades académicas sean seleccionadas con base en sus intereses profesionales. Asimismo, se debe acreditar un seminario de Cómputo de Alto Rendimiento, donde el alumno desarrollará un proyecto final que le permita usar todos los elementos metodológicos aprendidos en su formación para implantar soluciones innovadoras con base en el CAR en

su campo de estudio inicial, y en su caso graduarse del producto realizado en dicho seminario.

Durante el primer semestre, el estudiante podrá seleccionar dos materias optativas del siguiente grupo, teniendo como objetivo la formación fundamental en el diseño, implementación, análisis, mantenimiento e identificación de problemas bajo la perspectiva del cómputo de alto rendimiento:

- Programación Concurrente y Distribuida.
- Sistemas Paralelos.
- Métricas de Alto Desempeño.
- Laboratorio de *Clusters* y *GRIDS*.
- Supercómputo.
- Sistemas Distribuidos

Durante el segundo semestre, el estudiante definirá sus intereses en el diseño, análisis, identificación, implementación o mantenimiento en sistemas de cómputo de alto rendimiento, con base al siguiente grupo de materias:

- Modelación Matemática y Computacional de Sistemas Continuos.
- Modelación Matemática y Computacional de Sistemas Terrestres.
- Computación Científica en Paralelo.
- Temas Selectos de Cómputo de Alto Rendimiento.
- Sistemas en Tiempo Real.
- Diseño de *Software* Paralelo.

Este manejo de las materias es indicativo para el estudiante en su formación considerando tres núcleos integradores:

- Modelado de sistemas dinámicos para el uso del cómputo de alto rendimiento,  
Materias sugeridas :

- Modelación Matemática y Computacional de Sistemas Continuos.
- Modelación Matemática y Computacional de Sistemas Terrestres.
- Temas Selectos de Cómputo de Alto Rendimiento

- Sistemas de cómputo de alto rendimiento con restricciones en el tiempo,  
Materias sugeridas :

- Computación Científica en Paralelo.
- Temas Selectos de Cómputo de Alto Rendimiento.
- Sistemas en Tiempo Real.

- Diseño e implementación en sistemas de cómputo de alto rendimiento heterogéneos en ambientes complejos.

Materias sugeridas :

- Computación Científica en Paralelo.
- Temas Selectos de Cómputo de Alto Rendimiento.
- Sistemas en Tiempo Real.
- Diseño de *Software* Paralelo.

Siendo estos los núcleos integradores de las asignaturas optativas para su formación.

No se excluye que, conforme la Especialidad avance, se generen nuevos núcleos integradores con académicos de otras entidades universitarias.

A continuación se presenta la estructura y organización académica, por semestre, del plan de estudios de la Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento.

<b>Primer Semestre</b>	<b>Dos actividades académicas obligatorias básicas</b> , que conformarán los conocimientos fundamentales del cómputo de alto rendimiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundamentos del Cómputo de Alto Rendimiento.</li> <li>• Programación Avanzada.</li> </ul>
	<b>Dos actividades académicas optativas</b> , que complementarán la formación para el desarrollo del proyecto a realizar.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programación Concurrente y Distribuida.</li> <li>• Sistemas Paralelos.</li> <li>• Métricas de Alto Desempeño.</li> <li>• Laboratorio de <i>Clusters</i> y <i>GRIDS</i>.</li> <li>• Supercómputo.</li> <li>• Sistemas Distribuidos</li> </ul>
<b>Segundo Semestre</b>	<b>Dos actividades académicas optativas</b> , que complementarán la formación para el desarrollo del proyecto a realizar.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelación Matemática y Computacional de Sistemas Continuos.</li> <li>• Modelación Matemática y Computacional de Sistemas Terrestres.</li> <li>• Computación Científica en Paralelo.</li> <li>• Temas Selectos de Cómputo de Alto Rendimiento.</li> <li>• Sistemas en Tiempo Real.</li> <li>• Diseño de <i>Software</i> Paralelo.</li> </ul>
	<b>Una actividad académica obligatoria</b> , en donde se desarrollará una aplicación de Cómputo de Alto Rendimiento trabajando en equipo multidisciplinario.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seminario de Cómputo de Alto Desempeño.</li> </ul>

#### 2.4.2 Mecanismos de flexibilidad

Las actividades académicas del plan de estudios podrán ser sustituidas por actividades académicas de otros planes de estudio vigentes en la institución, de acuerdo con lo establecido en el Marco Institucional de Docencia, previa autorización del Comité Académico.

En el rubro de actividades optativas se cuenta con un tema selecto que promueva el abordaje de temas específicos o emergentes.

El Comité Académico podrá autorizar que el alumno realice actividades académicas en otros programas dentro o fuera de la UNAM, hasta por un 50% del total de los créditos del plan de estudios. En el caso de instituciones externas a la UNAM, deberá existir un convenio de colaboración académica. También podrá otorgar valor en créditos a actividades académicas de posgrado, realizadas con anterioridad al ingreso del plan de estudios, hasta por un 40% del total de créditos.

El alumno tendrá la opción de cursar las actividades académicas optativas en este o en otros planes de estudio de posgrado de la UNAM, o de otras instituciones nacionales o extranjeras, siempre y cuando cuente con el aval de su tutor o tutores principales y del Comité Académico.

Otro mecanismo de flexibilidad es la diversidad de disciplinas de los aspirantes, y contar con más de una modalidad de graduación. El estudiante podrá obtener su grado por el trabajo interdisciplinario realizado en la estancia del seminario del segundo semestre, autorizado por el Comité Académico antes de iniciar el segundo semestre.

El Comité Académico podrá solicitar la apertura de actividades académicas de semestres nones, en semestres pares, y viceversa.

El Comité Académico, previo visto bueno del tutor, podrá autorizar la inscripción al semestre de un número mayor de actividades académicas al señalado en el mapa curricular.

### 2.4.3 Seriación

Las actividades académicas del plan de estudios no tienen seriación exclusiva, únicamente existirá una indicación del seguimiento de materias optativas de acuerdo a los núcleos integradores.

### 2.4.4 Actividades académicas

CLAVE	DENOMINACIÓN	MODALIDAD	CARÁCTER	TIPO DE ACTIVIDAD		TOTAL DE HORAS POR SEMESTRE	CRÉDITOS
				HORAS/SEMANA			
				HORAS TEÓRICAS	HORAS PRÁCTICAS		
<b>PRIMER SEMESTRE</b>							
	Fundamentos del Cómputo de Alto Rendimiento	Curso	Obligatorio	2	1	48	6
	Programación Avanzada	Curso	Obligatorio	2	1	48	6
	Optativa	Curso/Laboratorio	Optativo	2	1	48	6
	Optativa	Curso/Laboratorio	Optativo	2	1	48	6
<b>SEGUNDO SEMESTRE</b>							

CLAVE	DENOMINACIÓN	MODALIDAD	CARÁCTER	TIPO DE ACTIVIDAD		TOTAL DE HORAS POR SEMESTRE	CRÉDITOS
				HORAS/SEMANA			
				HORAS TEÓRICAS	HORAS PRÁCTICAS		
	Optativa	Curso/ Laboratorio	Optativo	2	1	48	6
	Optativa	Curso/ Laboratorio	Optativo	2	1	48	6
	Seminario de Cómputo de Alto Rendimiento	Seminario	Obligatorio	0	6	96	12

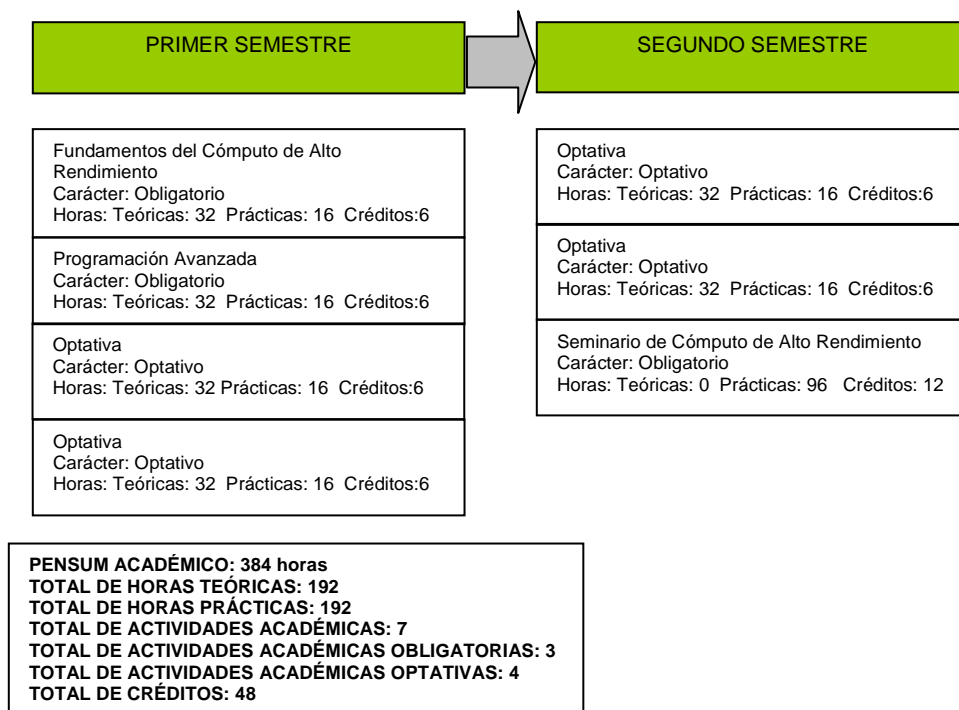
RESUMEN							
ACTIVIDADES ACADÉMICAS							
Obligatorias	Obligatorias de Elección	Optativas	Optativas de Elección	Teóricas	Prácticas	Teórico-Prácticas	TOTAL
3	0	4	0	0	1	6	7
CRÉDITOS							
Actividades Académicas Obligatorias	Actividades Académicas Obligatorias de Elección	Actividades Académicas Optativas	Actividades Académicas Optativas de Elección	Actividades Académicas Teóricas	Actividades Académicas Prácticas	Actividades Académicas Teórico-Prácticas	TOTAL
24	0	24	0	0	12	36	48
HORAS							
Teóricas				Prácticas		TOTAL	
192				192		384	

### Actividades académicas optativas

CLAVE	DENOMINACIÓN	MODALIDAD	CARÁCTER	TIPO DE ACTIVIDAD		TOTAL DE HORAS POR SEMESTRE	CRÉDITOS
				HORAS/SEMANA			
				HORAS TEÓRICAS	HORAS PRÁCTICAS		
	Programación Concurrente y Distribuida	Curso	Optativo	2	1	48	6
	Sistemas Paralelos	Curso	Optativo	2	1	48	6
	Sistemas en Tiempo Real	Curso	Optativo	2	1	48	6
	Diseño de <i>Software</i> Paralelo	Curso	Optativo	2	1	48	6
	Métricas de Alto Desempeño	Curso	Optativo	2	1	48	6

CLAVE	DENOMINACIÓN	MODALIDAD	CARÁCTER	TIPO DE ACTIVIDAD		TOTAL DE HORAS POR SEMESTRE	CRÉDITOS
				HORAS/SEMANA			
				HORAS TEÓRICAS	HORAS PRÁCTICAS		
	Laboratorio de <i>Clusters y GRIDS</i>	Laboratorio	Optativo	2	1	48	6
	Supercómputo	Curso	Optativo	2	1	48	6
	Sistemas Distribuidos	Curso	Optativo	2	1	48	6
	Temas Selectos de Cómputo de Alto Rendimiento	Curso	Optativo	2	1	48	6
	Modelación Matemática y Computacional de Sistemas Continuos	Curso	Optativo	2	1	48	6
	Modelación Matemática y Computacional de Sistemas Terrestres	Curso	Optativo	2	1	48	6
	Computación Científica en Paralelo	Curso	Optativo	2	1	48	6

## 2.4.5 Mapa curricular



## 2.5 Requisitos

### 2.5.1 De ingreso

Los aspirantes a ingresar al plan de estudios de la Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento, deberán obtener su carta de aceptación por parte del Comité Académico del Posgrado, para ello deberán presentar y cumplir con los siguientes requisitos, de acuerdo con lo estipulado en las Normas Operativas del Programa y en la convocatoria correspondiente:

1. Título, acta de examen o 100% de créditos de una licenciatura.
2. Contar con promedio igual o superior a 8.0 (ocho punto cero) en los estudios de licenciatura.
3. Presentar y, en su caso, aprobar los exámenes determinados por el Comité Académico.
4. Conocimientos del idioma inglés a nivel de traducción de textos técnicos.
5. Entrevista personalizada de acuerdo con el mecanismo establecido por el Comité Académico en la convocatoria correspondiente.
6. Entregar los documentos obligatorios de exigencia administrativa.
7. Otros requisitos y criterios académicos.

Adicional a lo anterior, y de acuerdo con lo estipulado en las Normas Operativas del Programa y en la convocatoria correspondiente, para el caso de aspirantes extranjeros o con estudios en el extranjero deberán contar con:

1. La equivalencia de promedio.
2. Para aspirantes cuya lengua materna sea diferente al español, deberán tener conocimientos de la lengua española.
3. Los aspirantes con estudios realizados en el extranjero, deberán presentar los documentos apostillados o legalizados, según corresponda.

Los aspirantes aceptados deberán formalizar su inscripción como alumnos del Programa siguiendo el procedimiento señalado en las normas operativas y en la convocatoria.

### **2.5.2 De permanencia**

La permanencia de los alumnos en este plan de estudios está sujeta a lo dispuesto en los artículos 10, 11 y 17 del Reglamento General de Estudios de Posgrado, que a la letra dicen:

**Artículo 10.** Si el alumno se inscribe dos veces en una misma actividad académica sin acreditarla, causará baja del plan de estudios en que se encuentre inscrito. En ningún caso se concederán exámenes extraordinarios. El alumno que se vea afectado por esta disposición podrá solicitar al Comité Académico la reconsideración de su baja en los términos y plazos que señalen los Lineamientos Generales para el Funcionamiento del Posgrado.

**Artículo 11.** Los alumnos tienen derecho a:

- a) Suspender sus estudios hasta por un plazo máximo de dos semestres sin afectar su situación académica. La solicitud de suspensión deberá presentarse con anterioridad al inicio del semestre lectivo o a más tardar al término del primer mes del semestre. En casos debidamente justificados, el Comité Académico podrá autorizar la suspensión cuando la solicitud sea presentada fuera de los tiempos señalados, o bien podrá otorgar la suspensión por un plazo mayor. Se atenderán particularmente las especificidades de género, en especial los casos de embarazo de las alumnas;
- b) Solicitar su reincorporación al plan de estudios cuando suspendan los estudios sin autorización; el Comité Académico determinará la procedencia y los términos de la reincorporación. En este caso el tiempo total de inscripción efectiva no podrá exceder los límites establecidos en el plan de estudios;
- c) Solicitar autorización para realizar los exámenes o evaluaciones finales cuando por causas debidamente justificadas no hayan cumplido con este requisito. El Comité Académico estudiará el caso, y podrá establecer mecanismos alternos de evaluación, y
- d) Plantear por escrito al coordinador o Comité Académico solicitudes de aclaración respecto a decisiones académicas que les afecten y recibir la respuesta por el mismo medio en un plazo máximo de treinta días hábiles.

**Artículo 17.** Los requisitos de ingreso, permanencia y obtención del grado en los estudios de especialización se sujetarán a lo previsto en cada plan de estudios, el cual también definirá el otorgamiento de prórrogas, la duración de las mismas y las condiciones bajo las cuales éstas podrán ser concedidas.

Adicional a lo normativo para permanecer en la especialización el alumno deberá:

1. Entregar la documentación requerida para su reinscripción en los plazos establecidos.
2. Aprobar todas las actividades académicas correspondientes al semestre en el que se encuentra inscrito. En caso contrario el alumno requerirá autorización expresa por parte del Comité Académico para su reinscripción.
3. En el caso de no haber obtenido una evaluación favorable en alguna de las actividades académicas, el alumno podrá cursarla nuevamente por una sola vez.

### **2.5.3 De egreso**

El alumno deberá haber cursado y aprobado el 100% de los créditos y el total de actividades académicas previstas en el plan de estudios, en los plazos establecidos por la normatividad correspondiente.

### **2.5.4 Para obtener el grado**

Para obtener el grado, el alumno deberá cubrir los siguientes puntos:

1. Haber cubierto el 100% de los créditos, así como haber aprobado el total de actividades académicas establecidas en el plan de estudios.
2. Cumplir con los requisitos de permanencia y egreso previstos el plan de estudios.
3. Elegir y contar con la aprobación del Comité Académico para graduarse por alguna de las modalidades de graduación, así como seguir los procedimientos establecidos en las normas operativas y en el manual de operación respectivo:
  - a. Proyecto Final.
  - b. Examen General de Conocimientos.
4. Entregar los documentos obligatorios de exigencia administrativa y de los trámites respectivos, de acuerdo con lo señalado en las normas operativas y por la institución.

### **2.6 Certificado complementario**

Este certificado complementario al grado lo expedirá la Coordinación de Estudios de Posgrado, a petición del alumno y deberá contener información relativa a:

- a) Datos generales sobre el graduado.
- b) Información general del grado que se otorga.
- c) Historia académica del graduado.

## **3. Implantación del Programa y de su plan de estudios**

### **3.1 Condiciones para la implantación**

El plan de estudios propuesto se efectuará en el semestre lectivo correspondiente, a partir de su aprobación por el Consejo Universitario. Las condiciones para la implantación del plan son muy favorables, ya que se cuenta con los recursos necesarios y con una planta

de tutores de alto nivel académico, conformada por profesores e investigadores de tiempo completo de las entidades participantes.

Las entidades académicas ponen a la disposición del Programa recursos humanos y materiales necesarios para el desarrollo del mismo. Además de los profesores e investigadores que fungen como tutores del Programa, las entidades participantes colaboran con personal de apoyo académico y administrativo; además, ponen a disposición del Programa, los laboratorios de docencia e investigación relacionados con el cómputo de alto rendimiento, así como los servicios de sus bibliotecas, salas de cómputo y aulas para impartir clases, mediante las bases de colaboración anexas a este documento, suscritas por los directores de las entidades participantes, en las que formalizan la infraestructura, los recursos humanos y los servicios que ponen a disposición del Programa y su plan de estudios.

La estructura académico-administrativa del Programa está encabezada por el Comité Académico, cuyas funciones se describen en las Normas Operativas del Programa y en la normatividad correspondiente.

Con base en estas consideraciones institucionales, para llevar a cabo la implantación del Programa de Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento se llevarán a cabo las siguientes acciones:

- Una vez aprobado el proyecto se procederá a la formación del Comité Académico ampliado; es decir, se sumarán los representantes del Instituto de Geofísica, del Instituto de Astronomía, del Instituto de Física y de la Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación, quienes sólo participaran cuando se revisen asuntos de la especialización.
- Respecto a la superación de la planta de tutores y profesores, ésta obedece a los planes que tienen cada una de las entidades participantes. La manera en la que influye el Programa, es en el procedimiento de incorporación de nuevos tutores y profesores y en la revisión periódica de su desempeño, que sirve para dictaminar la permanencia de los mismos en el Programa.
- Con el afán de homologar la preparación previa de los aspirantes a esta especialización en materia de cómputo de alto rendimiento, se propone impartir un curso propedéutico con duración de 50 horas que no será vinculante con el ingreso, sólo será preparativo a la admisión.

### **3.2 Recursos humanos**

El núcleo académico del Posgrado está formado por personal académico de tiempo completo. Actualmente, se cuenta con 68 tutores, de los cuales el 94% posee el grado de doctor, 62% son miembros del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) y el 36% de éstos con niveles II o superior. Particularmente, para la Especialización en Cómputo en Alto Rendimiento está formado por profesores e investigadores de tiempo completo. Se cuenta con 31 académicos, el 83.87% de éstos posee el grado de doctor, el 48.38% son miembros del SNI y el 40% son niveles II o superior. Las tablas siguientes, muestran el resumen de la planta académica para este plan de estudios, organizados por clase, tipo de contratación, categoría y nivel. También se muestran los niveles de estudios y estímulos:

PLANTA ACADÉMICA				
NOMBRAMIENTO	TIPO DE CONTRATACIÓN	CATEGORÍA	NIVEL	CANTIDAD
Profesor de Carrera o Investigador	Definitivo	Asociado	"C"	1
		Titular	"A"	9
			"B"	6
			"C"	3
	De Cátedra			1
Emérito			1	
Técnico Académico	Interino	Asociado	"C"	3
	Definitivo	Titular	"A"	4
			"B"	3
<b>Total</b>				<b>31</b>

NOMBRAMIENTO	NIVEL DE ESTUDIOS	TIPOS DE ESTÍMULOS	CANTIDAD
Profesor de carrera o Investigador	Doctorado	PRIDE: B, C, D SNI: I, II, III	21
Técnico Académico	Doctorado	PRIDE: B, C	5
	Maestría	PRIDE: C	3
	Licenciatura	PRIDE: C	2

### 3.3 Infraestructura y recursos materiales

Para la implantación de la Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento, se cuenta con el equipamiento necesario en el Laboratorio de Sistemas Distribuidos del Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación, en el Taller de Sistemas Complejos, FC, en el Departamento de Ingeniería de Sistemas Computacionales y Automatización, IIMAS, en el Instituto de Geofísica, en el Instituto de Astronomía, en el Instituto de Física, así como los equipos de alto rendimiento de la DGTIC y de otras entidades académicas de la UNAM, que convengan en participar en el programa.

#### *IIMAS*

Biblioteca: Cuenta con alrededor de 30,800 volúmenes de libros, principalmente en matemáticas aplicadas, estadística, ciencia e ingeniería de la computación y sistemas sociales, así como 69,500 fascículos de revistas científicas especializadas, 689 tesis, entre otros, además de ofrecer acceso a más de 2,200 recursos digitales.

Descripción general del *cluster*: El número total de procesadores es 314, la cantidad de almacenamiento es de 16 TB y de memoria RAM es de 992 GB.

#### *Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación*

Características principales del *cluster*: El número total de procesadores es 140, la cantidad de almacenamiento es de 15 TB y de memoria RAM es de 448 GB.

#### *Instituto de Física*

Biblioteca: Cuenta con 20,300 volúmenes de libros, 193 títulos de revistas, 906 volúmenes de tesis, además de una biblioteca electrónica.  
Posee un laboratorio de Supercómputo.

Sus *clusters* principales, Ollin: Formado por 11 nodos, uno maestro y 10 esclavos, de los cuales 8 nodos son procesadores *Dual Core Intel Xeon* y 3 nodos con procesadores *Dual Core AMD Opteron*. Mingus: Formado por 5 nodos, un nodo maestro y esclavos, uno de ellos tiene un GPU de 512 *cores* y los nodos cuentan con arquitectura *x86\_64*.

#### *Instituto de Astronomía*

Biblioteca: Cuenta con 11,352 títulos de libros y 14,593 ejemplares y 41 títulos de revistas, además de una biblioteca electrónica.

Su *cluster* principal, Atocatl: formado un total de 216 procesadores, 40mTB de almacenamiento y 312 GB de memoria RAM, además tiene un tarjeta GPU.

#### *Instituto de Geofísica*

Biblioteca: De manera general cuenta con un acervo impreso y electrónico de libros, revistas activas e históricas, mapas, tesis, obras de consulta, folletos (sólo impresos), sismogramas y mareogramas (sólo impresos).

Su *cluster* principal, Olintlali: integrado por un total de 108 procesadores, 10 TB de almacenamiento y 896 *cuda cores*.

#### *Facultad de Ciencias*

Biblioteca: Cuenta con un acervo impreso y electrónico de e libros, revistas y tesis, así como publicaciones del INEGI. La biblioteca permite accesos electrónicos a *CISnet* que contiene publicaciones del MIT en el área de computación; a *Springer link* que contiene las colecciones de Matemáticas, Cómputo y *Lecture Notes in Computer Science*. Además del servicio de biblioteca, la Facultad de Ciencias ofrece salones suficientes y áreas de estudio, *Google Apps* para la educación, que permite la comunicación eficiente entre los profesores y los alumnos, centro de cómputo e impresión con equipo *Windows* y *Linux* y una amplia gama de aplicaciones de *software*.

## **4. Evaluación del Programa, en específico para el plan de estudios de la Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento**

La evaluación del Programa y su plan de estudios considerará los siguientes aspectos, de conformidad con las Normas Operativas de este Programa, con el Reglamento General de Estudios de Posgrado y con los Lineamientos Generales para el Funcionamiento del Posgrado:

- a) Realizarse al menos cada cinco años;
- b) Será organizada por el Comité Académico del Programa, y
- c) Conducida por el Coordinador del Programa.

En términos generales, las evaluaciones deberán tomar en consideración los factores siguientes:

#### **4.1 Condiciones nacionales e internacionales que incidan en el Programa y su plan de estudios**

Entre los aspectos que se valorarán están:

Estado de desarrollo de los programas afines más prestigiados que se imparten en otros países, con el propósito de analizar sus características principales y compararlas con las del Programa. También se tomará en cuenta el estado de desarrollo del cómputo de alto rendimiento y de programas de estudios similares impartidos en México, en Instituciones de Educación Superior (IES) de reconocido prestigio.

Los efectos que tiene, en el Programa y en las prácticas profesionales de los alumnos y graduados, la emergencia de problemas que se presentan nacional e internacionalmente.

#### **4.2 Análisis de la pertinencia del perfil de ingreso**

Este análisis abordará cuestiones tales como:

- Relevancia de los conocimientos, habilidades, actitudes y valores que forman parte del perfil de ingreso.
- Evaluación de los mecanismos de selección de los aspirantes.

##### Indicador básico

- Análisis de la demanda de ingreso y tasa de aceptación durante los últimos cinco años.

#### **4.3 Desarrollo del cómputo de alto rendimiento y la emergencia de nuevos conocimientos relacionados**

Se analizarán los siguientes aspectos del cómputo de alto rendimiento:

- El estado actual y posibles desarrollos futuros del cómputo de alto rendimiento en las entidades participantes, la Universidad, en los sectores productivo y de servicio del país y del extranjero.
- Los efectos de las nuevas tecnologías en la generación de conocimientos en el cómputo de alto rendimiento.

##### Indicadores básicos

- Número de alumnos registrados durante los últimos cinco años.
- Número de tutores durante los últimos cinco años.
- Productividad académica de tutores y alumnos.
- Análisis de las reuniones de trabajo académico (por ejemplo: coloquios, seminarios, talleres, congresos) que se realicen cada año.

#### **4.4 Evaluación de los fundamentos teóricos y orientación del Programa y de su plan de estudios**

La evaluación de estos aspectos considerará:

- Los fines y orientación educativa del plan. Se promoverá la adopción de las técnicas educativas más avanzadas.
- Las necesidades sociales, económicas, políticas y culturales, presentes y futuras, previsibles a las que responde o deberá responder el Programa.
- Los rasgos que distinguen al Programa, en comparación con programas similares que se imparten en IES reconocidas del país y del extranjero.
- Las características comunes que comparte la estructura, organización y duración del plan de estudios con otros que se ofrecen nacional e internacionalmente. Se promoverá la colaboración con programas afines.
- El impacto que tienen en el Programa las características y demandas de la práctica profesional en términos regionales, nacionales e internacionales.
- Los efectos que tienen en el Programa los procesos de acreditación y certificación regionales, nacionales e internacionales.
- Los procesos de movilidad estudiantil y académica que posee el Programa en los niveles nacional, regional e internacional.
- La relevancia de los productos académicos de tutores y alumnos considerando la relación interdisciplinaria relacionada al seminario obligatorio de investigación.
- La relevancia de las actividades académicas de movilidad que realizan los alumnos, considerando la relación interdisciplinaria relacionada al seminario obligatorio de investigación.

#### **4.5 Análisis de las características del perfil del graduado**

El estudio de estas características permitirá obtener conclusiones sobre:

- Correspondencia entre los perfiles de egreso y de graduado, así como la estructura ocupacional.

##### Indicador básico

- Número y porcentaje de graduados por año en los últimos cinco años.

#### **4.6 Ubicación de los graduados en el mercado laboral**

El análisis de la situación laboral de los graduados requerirá conocer:

- El devenir histórico, estado actual y tendencias de desarrollo futuro de la práctica profesional de los graduados en los niveles regional, nacional e internacional.
- Las demandas sociales a las que ha respondido la formación de posgrado y las que se pueden prever en el futuro.

#### Indicadores básicos

- Número de graduados por año en los últimos cinco años.
- Número de graduados por generación en los últimos cinco años.
- Número y porcentaje de graduados, durante los últimos cinco años, por sector donde desarrollan su actividad laboral.

#### **4.7 Congruencia de los componentes del plan de estudios**

La evaluación de los componentes de los planes de estudio tendrá que considerar, entre otros:

- Los ejes articuladores de las actividades académicas que subyacen a la organización del plan.
- La relación entre la organización del Programa, sus objetivos generales y sus perfiles educativos.
- Los grados de flexibilidad de la organización del Programa y mecanismos de movilidad estudiantil.

#### **4.8 Valoración de la programación y operación de las actividades académicas**

Este ejercicio permitirá obtener información sobre la eficacia de la organización en el funcionamiento adecuado de las actividades de docencia e investigación que debe alcanzar la gestión del plan de estudios.

#### Indicador básico

- Documentación de sugerencias y quejas de alumnos y tutores realizadas durante los últimos cinco años.

#### **4.9 Ponderación de las experiencias obtenidas durante la implantación**

La exploración de estos aspectos de los planes de estudio arrojará elementos para ajustar lo que se requiera en el contenido de los mismos.

#### Indicadores básicos

- Eficiencia terminal por cohorte generacional.
- Grado de avance del trabajo de graduación a lo largo de los últimos semestres.
- Demanda de nuestros egresados en los sectores académico y profesional.
- Seguimiento de los egresados y correlación con las formas de graduación elegidas.
- Grado de interdisciplina de los trabajos de graduación.
- Participación de alumnos en eventos académicos.

#### **4.10 Mecanismos y actividades que se instrumentarán para la actualización permanente de la planta académica**

En este rubro se evaluarán los siguientes aspectos:

- Los criterios para determinar si las actividades de superación y actualización de la planta académica responden a los objetivos del Programa.
- Los efectos de las actividades de investigación de los académicos en el proceso educativo y en el diseño y la actualización del Programa.
- Los efectos de los mecanismos de actualización de la UNAM, tales como el Programa de Superación Académica (PASPA), los programas de estancias sabáticas y su incorporación a la planta académica de carrera (PROFIP). Así como los efectos de programas similares del CONACYT, los programas de intercambio académico y movilidad internacional, las estancias sabáticas para la realización de estudios e investigación para profesores e investigadores de carrera, y las contrataciones directas de jóvenes doctorados.

##### Indicadores básicos

- Número y relevancia de los productos académicos de tutores y alumnos durante los últimos cinco años.
- Organización y participación de tutores, y alumnos, en reuniones de trabajo académico, periódicas y sostenidas al menos durante un año.

## Bibliografía

1. Coordinación General de Servicios de Cómputo Académico. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN. *El Supercómputo en México.*, México, 2008.
2. Departamento de Supercómputo, DGSCA-UNAM. <http://www.super.unam.mx/>
3. Doctorado en Ciencias Computacionales. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Disponible en:  
[http://www.itesm.mx/wps/portal?WCM\\_GLOBAL\\_CONTEXT=/migration/CVA2/Cuernavaca/Programas+educativos/Maestras/Doctorados/Programas+en+el+rea+de+Tecnologas+de+Informacion+y+Electronica/Doctorado+en+Ciencias+Computacionales](http://www.itesm.mx/wps/portal?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/migration/CVA2/Cuernavaca/Programas+educativos/Maestras/Doctorados/Programas+en+el+rea+de+Tecnologas+de+Informacion+y+Electronica/Doctorado+en+Ciencias+Computacionales)
4. Maestría en Ciencias Computacionales. Instituto Tecnológico de Morelia. Disponible en:  
[http://www.emagister.com.mx/maestria/maestria\\_ciencias\\_computacionales-cursos-2291331.htm](http://www.emagister.com.mx/maestria/maestria_ciencias_computacionales-cursos-2291331.htm)
5. Maestría en Ciencias Computacionales. Universidad Autónoma de Guadalajara. Disponible en: <http://www.uag.mx/maestria/maestria-ciencias-computacionales/>
6. Maestría en Ciencias de la Computación. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Disponible en: [http://posgrado.cs.buap.mx/wordpress/?page\\_id=5](http://posgrado.cs.buap.mx/wordpress/?page_id=5)
7. Maestría en Ciencias de la Computación. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Disponible en:  
<http://www.cs.cinvestav.mx/posgmaestria.html>
8. Maestría en Ciencias de la Computación. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Tamaulipas. Disponible en:  
[http://www.tamps.cinvestav.mx/posgrado\\_maestria\\_computacion\\_objetivos](http://www.tamps.cinvestav.mx/posgrado_maestria_computacion_objetivos)
9. Maestría en Ciencias de la Computación. Universidad Autónoma de Guerrero. Disponible en: <http://www.uacyti.uagro.net/Maestria/objetivo.html>
10. Maestría en Ciencias de la Computación. Universidad Autónoma Metropolitana. Disponible en: [http://posgradoscbi.azc.uam.mx/descargas/pe\\_mcc.pdf](http://posgradoscbi.azc.uam.mx/descargas/pe_mcc.pdf)
11. Maestría en Ciencias de la Ingeniería. Universidad Autónoma del Estado de México. Disponible en: [http://www.uaemex.mx/pestud/mae\\_doc/ingenieria/MaeInf.html](http://www.uaemex.mx/pestud/mae_doc/ingenieria/MaeInf.html)
12. Maestría y Doctorado en Ciencias Computacionales. Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, Puebla. Disponible en:  
<http://posgrados.inaoep.mx/computacion/doctorado.php>

13. President's Information Technology Advisory Committee. *Computational Science: Ensuring America's Competitiveness. Report to the President*, June, 2005.
14. UNAM, Plan de Estudios de Ingeniería en Computación, México, 2011. Disponible en: [http://www.dgae.unam.mx/planes/f\\_ingenieria/ing-comp.pdf](http://www.dgae.unam.mx/planes/f_ingenieria/ing-comp.pdf)
15. UNAM, Plan de Estudios de la Licenciatura en Ciencias de la Computación, México, 2011. Disponible en: [http://www.dgae.unam.mx/planes/f\\_ciencias/Cien-Com.pdf](http://www.dgae.unam.mx/planes/f_ciencias/Cien-Com.pdf)
16. UNAM, Plan de Estudios de la Licenciatura en Informática, México, 2011. Disponible en: [http://www.dgae.unam.mx/planes/f\\_contad/Inform.pdf](http://www.dgae.unam.mx/planes/f_contad/Inform.pdf)
17. UNAM, Plan de Estudios de la Licenciatura en Informática, México, 2013. Disponible en: [https://www.dgae.unam.mx/planes/fes\\_cuautli/Inform-Cuau.pdf](https://www.dgae.unam.mx/planes/fes_cuautli/Inform-Cuau.pdf)
18. UNAM, Plan de Estudios de la Licenciatura en Matemáticas Aplicadas, México, 2013. Disponible en: [http://www.dgae.unam.mx/planes/acatlan/Mat-aplic\\_acatlan.pdf](http://www.dgae.unam.mx/planes/acatlan/Mat-aplic_acatlan.pdf)
19. UNAM, Plan de Estudios del Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación. México, 2013.
20. UNAM, Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación. Disponible en: [http://www.mcc.unam.mx/m\\_plan.htm](http://www.mcc.unam.mx/m_plan.htm)

## 5. Normas operativas del Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación

### Disposiciones generales

**Norma 1.** Las presentes normas tienen por objeto regular la operación del Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación.

**Norma 2.** El Comité Académico será el responsable de la aplicación de estas normas operativas, de conformidad con lo establecido en el Reglamento General de Estudios de Posgrado y en los Lineamientos Generales para el Funcionamiento del Posgrado.

### De las entidades académicas

**Norma 3.** Son entidades académicas participantes del Programa las siguientes:

- Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico;
- Facultad de Ciencias;
- Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán;
- Facultad de Ingeniería;
- Instituto de Ingeniería;
- Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, e
- Instituto de Matemáticas.

*Entidades académicas participantes que se incorporan de manera exclusiva a la especialización:*

- Instituto de Astronomía;
- Instituto de Física;
- Instituto de Geofísica, y
- Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de la Información y Comunicación.

**Norma 4.** De acuerdo con lo establecido en el Reglamento General de Estudios de Posgrado y en los Lineamientos Generales para el Funcionamiento del Posgrado, las entidades académicas que deseen incorporarse en el Programa deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- Compartir la filosofía del Programa en lo que se refiere a objetivos, estándares académicos y mecanismos de funcionamiento;
- Contar con un mínimo de dos académicos de carrera acreditados como tutores en el Programa;
- Desarrollar líneas de investigación y/o trabajo afines al Programa;
- Contar con la infraestructura adecuada para las actividades docentes y de tutoría, así como para investigación a juicio del Comité Académico, y ponerla a disposición para su uso por alumnos, tutores y profesores del Programa, y

- Suscribir, a través de la firma del director, las bases de colaboración de las entidades académicas participantes en el Programa.

**Norma 5.** De acuerdo con lo establecido en los Lineamientos Generales para el Funcionamiento del Posgrado, los consejos técnicos, internos o directores de dependencias y programas universitarios solicitarán al Comité Académico la incorporación de su entidad académica en este Programa. Asimismo, enviarán copia de dicha solicitud al Consejo de Estudios de Posgrado para su conocimiento y seguimiento.

El Comité Académico deberá emitir un dictamen al respecto en un plazo no mayor a 20 días hábiles, contados a partir de la fecha de recepción de la solicitud. En caso de emitirse un dictamen favorable, el Comité Académico propondrá la incorporación de la entidad académica al Consejo de Estudios de Posgrado, quien turnará su opinión al Consejo Académico del Área de las Ciencias Físico Matemáticas y de las Ingenierías para su aprobación, en su caso.

Corresponderá al Consejo Académico de Área informar sobre el dictamen emitido al Consejo de Estudios de Posgrado y a la Dirección General de Administración Escolar.

Las instituciones externas a la UNAM, nacionales o extranjeras, podrán incorporarse a este Programa siempre y cuando existan convenios con la UNAM, y deberán seguir el procedimiento antes descrito.

**Norma 6.** De acuerdo con lo establecido en los Lineamientos Generales para el Funcionamiento del Posgrado, las entidades académicas podrán ser desincorporadas de este Programa a solicitud de su consejo técnico, interno o de su director, en su caso. Los consejos técnicos, internos o directores de dependencias y programas universitarios solicitarán al Comité Académico la desincorporación de su entidad académica en este Programa. Asimismo, enviarán copia de dicha solicitud al Consejo de Estudios de Posgrado para su conocimiento y seguimiento.

El Comité Académico deberá emitir un dictamen al respecto en un plazo no mayor a 20 días hábiles, contados a partir de la fecha de recepción de la solicitud. En caso de emitirse un dictamen favorable, el Comité Académico propondrá la desincorporación de la entidad académica al Consejo de Estudios de Posgrado, quien turnará su opinión al Consejo Académico del Área de las Ciencias Físico Matemáticas y de las Ingenierías para su aprobación, en su caso.

Corresponderá al Consejo Académico de Área informar sobre el dictamen emitido al Consejo de Estudios de Posgrado y a la Dirección General de Administración Escolar.

### **Del Comité Académico**

**Norma 7.** El Comité Académico estará integrado por:

1. Los directores de las entidades académicas participantes, señaladas en la Norma 3, quienes podrán ser representados por un académico que sea tutor del Programa o posea estudios de posgrado o nivel equivalente;
2. El Coordinador del Programa;

3. Un académico de carrera de cada entidad académica participante acreditado como tutor, y electo por los tutores de la misma por medio de voto libre, secreto y directo en elección presencial o electrónica.
4. Un académico de carrera de cada campo de conocimiento del programa, acreditado como tutor, y electo por los tutores del mismo campo de conocimiento por medio de voto libre, secreto y directo en elección presencial o electrónica
5. Tres alumnos, uno de doctorado, uno de maestría y uno de especialización electos por los alumnos del Programa por medio de voto libre, secreto y directo en elección presencial o electrónica.

El Comité Académico cuenta con los siguientes subcomités de apoyo, el número de integrantes de cada subcomité será determinado por el mismo Comité Académico, considerando las necesidades a atender:

- a) Subcomité de Asuntos Docentes y Escolares.
- b) Subcomité de Asuntos Académico-Administrativos.
- c) Subcomité de Becas y Apoyos.
- d) Subcomité de Admisión a la Maestría.
- e) Subcomité de Admisión al Doctorado.
- f) Subcomité de la Especialización de Cómputo de Alto Rendimiento.

Todas las decisiones tomadas por estos subcomités deberán ser ratificadas por el Comité Académico.

Los Subcomités de Asuntos Docentes y Escolares, Asuntos Académico-Administrativos y de Admisión a la Maestría y de Admisión al Doctorado atenderán los asuntos relacionados con los planes de estudios de Maestría y Doctorado. En su conformación no podrán participar miembros del Comité Académico que pertenezcan a las entidades que se incorporan de manera exclusiva a la Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento.

El Subcomité de la Especialización atenderá exclusivamente los asuntos relacionados con el plan de estudios de la Especialización de Cómputo de Alto Rendimiento.

La conformación y funciones de cada uno de ellos se describen a continuación:

**El Subcomité de Asuntos Docentes y Escolares (SADE)** será un subcomité permanente para atender los asuntos académicos relacionados con los alumnos de maestría y doctorado. Estará integrado por miembros del Comité Académico quienes serán propuestos por el Coordinador y ratificados por el Comité Académico, y serán sustituidos en forma alternada. La permanencia como integrante de este subcomité será de dos años escolares y podrán ser nuevamente designados de manera consecutiva por una sola vez.

El Comité Académico podrá designar a otros tutores del programa como miembros de este subcomité, con el fin de procurar la representación de las entidades participantes.

El SADE expresará al pleno del Comité Académico las recomendaciones que hubiesen sido aprobadas por consenso o por mayoría. La resolución final de cada asunto será tomada en cuenta por el pleno del Comité Académico.

Con acuerdo previo del Comité Académico, este subcomité podrá auxiliarse con tutores del programa para ayudarse en todas sus tareas de evaluación académica, renovando a estos auxiliares semestralmente y procurando siempre la participación de todos los tutores.

El **SADE** tendrá la función de analizar todos los casos y hacer recomendaciones al Comité Académico en todo lo relacionado con los siguientes asuntos:

- Permanencia, suspensión temporal, prórroga y baja de los alumnos;
- Solicitudes de asignación y, y en su caso, cambio de tutor o tutores principales y jurados de exámenes de grado, y para doctorado del comité tutor.
- Solicitudes de modalidad de graduación.

**El Subcomité de Asuntos Académico-Administrativos** será un subcomité permanente para atender los asuntos académicos y administrativos relacionados con los profesores y tutores de maestría y doctorado. Estará integrado por tres miembros del Comité Académico quienes serán propuestos por el Coordinador y ratificados por el Comité Académico, y serán sustituidos en forma alternada. La permanencia como integrante de este subcomité será de dos años escolares y podrán ser nuevamente designados de manera consecutiva por una sola vez.

El Comité Académico podrá designar a tutores del programa como miembros de este subcomité con el fin de procurar la representación de todos los campos de conocimiento.

Este subcomité expresará al pleno del propio Comité Académico las recomendaciones que hubiesen sido aprobadas por consenso o por mayoría. La resolución final de cada asunto será tomada en cuenta por el pleno del Comité Académico.

Este subcomité tendrá la función de analizar todos los casos y hacer recomendaciones al Comité Académico en todo relacionado con los siguientes asuntos:

- Incorporación de tutores al programa, en función de los resultados de las evaluaciones académicas que realice el subcomité.
- Permanencia de los tutores del programa, en función de los resultados de las evaluaciones académicas que realice el subcomité a solicitud del Comité Académico.
- Nombramiento de profesores de asignatura.
- Actividades académicas de profesores invitados nacionales o extranjeros.
- Quejas de alumnos con respecto a algún curso o tutor.

Los responsables de estudios de posgrado de cada entidad académica participante, en los niveles de maestría y doctorado, serán invitados permanentes a las sesiones de este subcomité.

Los **Subcomités de Admisión para Maestría y para Doctorado** tendrán las siguientes funciones:

- Diseñar y organizar el examen de conocimientos previos para los aspirantes a ingresar al plan de estudios correspondiente.

- Presentar al Comité Académico la lista de aspirantes que hayan cubierto los requisitos de ingreso establecidos y cuya aceptación se recomienda para el plan de estudios correspondiente.
- Recomendar al Comité Académico para cada alumno de doctorado admitido la designación del tutor o tutores principales y del comité tutor.
- Asignar a cada alumno admitido en el doctorado, los cursos que deba cubrir sin valor curricular, durante el primer semestre, de acuerdo con los resultados del examen de conocimientos previos.
- Asignar las dos actividades académicas obligatorias, que deberán integrarse en el plan individual de cada alumno de maestría durante el primer semestre de acuerdo con los resultados del examen de conocimientos previos.

Para la integración de estos subcomités deberá procurarse la participación de tutores de todos los campos de conocimiento del programa. La permanencia de los miembros en estos subcomités será de dos años escolares, podrán ser nuevamente designados de manera consecutiva por una sola vez y serán sustituidos en forma alternada.

El **Subcomité de Becas y Apoyos** será un subcomité permanente para atender todos los asuntos relacionados con las solicitudes y renovación de becas de los alumnos de maestría y doctorado. Así como las solicitudes de apoyo económico para realizar actividades académicas y para la adquisición de equipo para proyectos doctorales.

Este subcomité también atenderá las solicitudes de apoyo de los tutores para invitar profesores externos al programa. Así como las solicitudes de equipo de los tutores.

Estará integrado por tres miembros del Comité Académico, uno de los cuales deberá ser representante de los alumnos, quienes serán propuestos por el Coordinador y ratificados por el Comité Académico, y serán sustituidos en forma alternada. La permanencia como integrante de este subcomité será de dos años escolares y podrán ser nuevamente designados de manera consecutiva por una sola vez.

Este subcomité expresará al pleno del propio Comité Académico las recomendaciones que hubiesen sido aprobadas por consenso o por mayoría. La resolución final de cada asunto será tomada en cuenta por el pleno del Comité Académico.

El **Subcomité de la Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento (SECAR)** será un subcomité permanente para atender los asuntos académicos relacionados con los alumnos, profesores y tutores de la Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento. Estará integrado por tres miembros del Comité Académico quienes serán propuestos por el Coordinador y ratificados por el Comité Académico, y serán sustituidos en forma alternada. La permanencia como integrante de este subcomité será de dos años escolares y podrán ser nuevamente designados de manera consecutiva por una sola vez. El Comité Académico podrá designar a otros tutores del programa como miembros de este subcomité, con el fin de procurar la representación de las entidades participantes.

En el caso de los alumnos de la Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento, el **SECAR** tendrá la función de analizar todos los casos y hacer recomendaciones al Comité Académico en todo lo relacionado con los siguientes asuntos:

- Permanencia, suspensión temporal, prórroga y baja de los alumnos.
- Solicitudes de asignación o cambio de tutor o tutores principales y jurados de exámenes de grado de especialización.
- Solicitudes de modalidad de graduación.

En el caso de los tutores y profesores de la Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento, el **SECAR** tendrá la función de analizar todos los casos y hacer recomendaciones al Comité Académico en todo lo relacionado con los siguientes asuntos:

- Incorporación de tutores al programa, en función de los resultados de las evaluaciones académicas que realice el subcomité.
- Permanencia de los tutores del programa, en función de los resultados de las evaluaciones académicas que realice el subcomité a solicitud del Comité Académico.
- Nombramiento de profesores de asignatura.
- Actividades académicas de profesores invitados nacionales o extranjeros.
- Quejas de alumnos con respecto a algún curso o tutor.

En los procesos de solicitud de ingreso al plan de estudios de la Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento, el SECAR tendrá las siguientes funciones:

- Diseñar y organizar el examen de conocimientos previos para los aspirantes a ingresar a la Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento.
- Presentar al Comité Académico la lista de aspirantes que hayan cubierto los requisitos de ingreso establecidos y cuya aceptación se recomienda al plan de estudio de la Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento.

El Comité Académico podrá designar a otros tutores del programa como miembros de este subcomité, con el fin de procurar la representación de las entidades participantes.

Con acuerdo previo del Comité Académico, este subcomité podrá auxiliarse con tutores del programa para ayudarse en todas sus tareas de evaluación académica, renovando a estos auxiliares semestralmente y procurando siempre la participación de todos los tutores.

El SECAR expresará al pleno del Comité Académico las recomendaciones que hubiesen sido aprobadas por consenso o por mayoría. La resolución final de cada asunto será tomada en cuenta por el pleno del Comité Académico.

**Norma 8.** De acuerdo con lo establecido en los Lineamientos Generales para el Funcionamiento del Posgrado, los requisitos para ser representante de los académicos en el Comité Académico son:

- Estar acreditado como tutor del Programa;
- Ser académico de carrera en la UNAM, o en otra institución con la cual la UNAM haya celebrado un convenio de colaboración para el desarrollo del Programa, y
- No haber cometido faltas graves contra la disciplina universitaria, que hubiesen sido sancionadas.

De igual forma, los requisitos para ser representante de los alumnos de especialización en el Comité Académico son:

- Estar inscrito en el Programa en el momento de la elección;
- No haber cometido faltas graves contra la disciplina universitaria, que hubiesen sido sancionadas.

Los requisitos para ser representante de los alumnos de maestría en el Comité Académico son:

- Estar inscrito en el Programa en el momento de la elección;
- Haber cubierto al menos un semestre lectivo, según lo establecido en el plan de estudios;
- Haber acreditado todas las actividades académicas en que se haya inscrito, y contar con promedio mínimo de ocho, y
- No haber cometido faltas graves contra la disciplina universitaria, que hubiesen sido sancionadas.

Los requisitos para ser representante de los alumnos de doctorado en el Comité Académico son:

- Estar inscrito en el Programa en el momento de la elección;
- Haber cubierto al menos un semestre lectivo, según lo establecido en el plan de estudios;
- Haber sido evaluado positivamente por el comité tutor en todos los semestres que haya cursado, en el caso de alumnos de doctorado, y
- No haber cometido faltas graves contra la disciplina universitaria, que hubiesen sido sancionadas.

Los representantes de los académicos y de los alumnos de maestría y doctorado durarán en su cargo dos años y podrán ser reelectos de manera consecutiva por un periodo adicional. En el caso de los alumnos de especialización durarán un año en el encargo.

**Norma 9.** El Comité Académico tendrá las siguientes atribuciones y responsabilidades, de acuerdo con lo establecido en:

A. El Reglamento General de Estudios de Posgrado:

- Solicitar la opinión del Consejo de Estudios de Posgrado y, en su caso, del Consejo Asesor de la Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia respecto de las modificaciones al o los planes de estudio de educación abierta y a distancia, para ser turnados a los consejos académicos de área correspondientes;
- Proponer al Consejo de Estudios de Posgrado la incorporación o desincorporación de una entidad académica, un programa universitario o dependencia de la UNAM en su Programa;
- Organizar la evaluación integral del Programa, al menos cada cinco años, e informar de los resultados al Consejo de Estudios de Posgrado;
- Aprobar la actualización de los contenidos temáticos de las actividades académicas;

- Elaborar, modificar y aprobar las normas operativas del Programa, previa opinión del Consejo de Estudios de Posgrado, así como vigilar su cumplimiento;
- Establecer las bases de colaboración entre las entidades académicas, la Coordinación de Estudios de Posgrado y el Programa;
- Promover acciones de vinculación y cooperación académica con otras instituciones;
- Informar al Consejo de Estudios de Posgrado la formalización de convenios de colaboración con otras instituciones;
- Promover solicitudes de apoyo para el Programa;
- Establecer los subcomités que considere adecuados para el buen funcionamiento del Programa;
- En casos excepcionales y debidamente fundamentados, aprobar, de acuerdo con lo que establezcan los Lineamientos Generales para el Funcionamiento del Posgrado, la dispensa de grado a probables tutores, profesores o sinodales de examen de grado, y
- Las demás que se establecen en el Reglamento General de Estudios de Posgrado, la Legislación Universitaria y aquellas de carácter académico no previstas en estas normas.

B. Los Lineamientos Generales para el Funcionamiento del Posgrado:

- Decidir, tomando en cuenta la opinión del tutor o tutores principales, o en su caso del comité tutor, sobre el ingreso, permanencia y prórroga de los alumnos en el Programa, así como respecto de los cambios de inscripción de maestría a doctorado, o viceversa. En este último caso, el Comité Académico dará valor en créditos a las actividades académicas cursadas en el doctorado y hará las equivalencias correspondientes considerando la propuesta del comité tutor; previa recomendación de los subcomités de admisión y de asuntos docentes y escolares.
- Aprobar la asignación del tutor o tutores principales y en su caso, del comité tutor;
- Nombrar al jurado de los exámenes de grado y de candidatura, tomando en cuenta la propuesta del alumno y del tutor o tutores principales y, en su caso, del comité tutor;
- Decidir sobre las solicitudes de cambio de tutor o tutores principales, comité tutor o jurado de examen de grado;
- Aprobar la incorporación y permanencia de profesores y tutores. Solicitar al Coordinador del Programa la actualización periódica del padrón de profesores y tutores acreditados en el Programa y vigilar su publicación semestral, para información de los alumnos;
- Designar, a propuesta del Coordinador del Programa, a los profesores y, en su caso, recomendar su contratación al consejo técnico respectivo;
- Dirimir las diferencias de naturaleza académica que surjan entre el personal académico, entre los alumnos o entre ambos, derivadas de la realización de las actividades académicas del Programa;
- Actualizar y promover el uso de sistemas para el manejo de información académico-administrativa del Programa, y
- Las demás que se establezcan en los Lineamientos Generales para el Funcionamiento del Posgrado o en estas normas.

Adicionalmente:

- Designar a los integrantes de cada subcomité permanente y, en su caso, de los comités y subcomités especiales que considere pertinente establecer;
- Aprobar, a propuesta del Coordinador del Programa, la oferta semestral de los cursos, seminarios y demás actividades académicas, así como designar a los profesores de los mismos, y
- Aprobar la modalidad de graduación de los alumnos y decidir sobre las solicitudes de cambios en las mismas.
- Aprobar, a propuesta del Coordinador del Programa, las convocatorias de ingreso, los lineamientos que orienten el proceso de selección y las propuestas de mecanismos de admisión que se requiera aplicar a los aspirantes a ingresar al Programa;
- Autorizar una prórroga al alumno que, habiendo concluido los plazos para permanecer inscrito, la solicite sólo con el fin de presentar el examen de grado;
- Emitir carta de admisión o rechazo a los aspirantes a ingresar al Programa;
- Decidir, con base en la Legislación Universitaria, todos los asuntos académicos y operativos del posgrado no previstos en estas normas operativas, en el Reglamento General de Estudios de Posgrado o en los Lineamientos Generales para el Funcionamiento del Posgrado previa consulta al Consejo de Estudios de Posgrado y/o, en su caso, al Consejo Académico del Área de las Ciencias Físico Matemáticas y de las Ingenierías.

**Norma 10.** Los integrantes del Comité Académico tienen las siguientes atribuciones y responsabilidades:

- Asistir a las sesiones del Comité previa convocatoria expresa del Coordinador del Programa;
- Vigilar el cumplimiento de la normatividad establecida en el Programa, en el Reglamento General de Estudios de Posgrado y en los Lineamientos Generales para el Funcionamiento del Posgrado;
- Estudiar y dictaminar las propuestas académicas y operativas que sean presentadas al Comité por el Coordinador del Programa, por un subcomité o por un integrante del Comité Académico;
- Participar, en su caso, en las sesiones de trabajo del subcomité del cual formen parte;
- Cumplir con las obligaciones inherentes a su representación como integrantes del Comité Académico y, en su caso, del subcomité en el que participen, y
- En el caso de los representantes de los directores de las entidades académicas participantes, ser además un canal de comunicación con la entidad académica correspondiente, con el fin de mantenerla informada sobre los acuerdos y resoluciones tomados en el Comité Académico del Programa.

**Norma 11.** El Comité Académico tendrá la siguiente mecánica operativa:

- Efectuará sesiones ordinarias al menos dos veces por semestre y extraordinarias cuando lo juzgue conveniente el Coordinador del Programa, de acuerdo con las incidencias o eventos de apoyo al Programa;
- El Coordinador del Programa convocará a las sesiones y hará llegar a los miembros del Comité Académico e invitados, el orden del día y el material que se considere pertinente, con al menos tres días hábiles de anticipación a la fecha de las sesiones ordinarias y un día hábil antes, en el caso de las extraordinarias; el

Coordinador del Programa procurará que en la orden del día se incluyan asuntos exclusivos de los planes de estudio de maestría y doctorado o exclusivos de la Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento, respectivamente.

- El Coordinador del Programa levantará el acta respectiva de cada una de las sesiones;
- El acta será presentada en la sesión posterior para su lectura y aprobación;
- Para cada sesión el Coordinador del Programa convocará por primera y segunda vez en un mismo citatorio, debiendo mediar 15 minutos entre las horas fijadas para primera y segunda convocatorias. Para realizar la sesión en primera convocatoria se requerirá la mitad más uno de los miembros con voz y voto, en tanto que en segunda convocatoria la sesión se realizará con los miembros presentes;
- Las sesiones ordinarias no deberán exceder de dos horas contadas a partir de que se inicie formalmente la reunión. Cuando no se termine de desahogar los asuntos del orden del día en el plazo anterior, el Coordinador del Programa pedirá al pleno su aprobación para constituirse en sesión permanente o para posponer los asuntos faltantes para una sesión extraordinaria;
- Cuando el Comité Académico lo juzgue pertinente podrá invitar a las sesiones a los responsables de estudios de posgrado de las entidades académicas participantes en el Programa, así como a otros académicos o invitados especiales, quienes asistirán con voz pero sin voto;
- Los acuerdos del Comité Académico serán tomados por mayoría simple y las votaciones serán abiertas, a menos que el Coordinador del Programa o la mayoría de los miembros presentes del Comité pidan que sean secretas;
- Los integrantes del Comité Académico pertenecientes a las entidades que se incorporan de manera exclusiva a la Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento, solamente podrán votar en los asuntos del orden del día que se refieren a la misma, y
- Sólo tendrán derecho a votar los miembros titulares con voz y voto presentes.

### **Del Coordinador del Programa**

**Norma 12.** De acuerdo con lo establecido en el Reglamento General de Estudios de Posgrado, el Coordinador del Programa será designado o removido por el Rector, a propuesta de los directores de las entidades académicas participantes, quienes auscultarán la opinión del Comité Académico y del cuerpo de tutores. Su cargo será por un periodo de tres años con posibilidad de una renovación.

En ausencia del Coordinador del Programa por un periodo mayor de dos meses, se procederá a designar uno nuevo, en los términos señalados anteriormente. El tutor del Comité Académico con mayor antigüedad en la UNAM, asumirá interinamente las funciones de Coordinador del Programa en tanto se designa al nuevo.

**Norma 13.** Los requisitos para ser Coordinador del Programa, de acuerdo con lo establecido en el Reglamento General de Estudios de Posgrado son:

- Poseer al menos el grado máximo que otorgue el Programa; en casos justificados este requisito podrá ser dispensado;
- Estar acreditado como tutor del Programa;
- Ser académico titular de tiempo completo de la UNAM, y

- No haber cometido faltas graves contra la disciplina universitaria, que hubiesen sido sancionadas.

**Norma 14.** El Coordinador del Programa tendrá las siguientes atribuciones y responsabilidades, de acuerdo con lo establecido en el Reglamento General de Estudios de Posgrado:

- Convocar y presidir las reuniones del Comité Académico; en su ausencia, las sesiones serán presididas por el tutor del Comité Académico de mayor antigüedad en la UNAM;
- Elaborar el plan anual de trabajo del Programa, desarrollarlo una vez aprobado por el Comité Académico y presentarle a éste un informe anual, el cual deberá ser difundido entre los académicos del Programa;
- Proponer semestralmente al Comité Académico los profesores del Programa;
- Coordinar las actividades académicas y organizar los cursos del Programa;
- Coordinar el proceso de evaluación integral del Programa;
- Representar al Comité Académico del Programa, en la formalización de los convenios y bases de colaboración, en los que pueden participar entidades académicas;
- Atender los asuntos no previstos en el Reglamento General de Estudios de Posgrado, que afecten el funcionamiento del Programa y, en su momento, someterlos a la consideración del Comité Académico;
- Vigilar el cumplimiento de la legislación aplicable y de los acuerdos emanados de las autoridades universitarias y del Comité Académico, así como de las disposiciones que norman la estructura y funciones de la UNAM, y
- Otras que defina el Consejo de Estudios de Posgrado en los Lineamientos Generales para el Funcionamiento del Posgrado o que estén contenidas en estas normas operativas.

Adicionalmente:

- Vigilar el cumplimiento de los objetivos, procedimientos y políticas académicas establecidas en el Programa;
- Administrar los recursos humanos, materiales y financieros del Programa;
- Presentar al Comité Académico propuestas de solución para cualquier situación académica no prevista en el Programa, en el Reglamento General de Estudios Universitarios, en el Reglamento General de Estudios de Posgrado, en los Lineamientos Generales para el Funcionamiento del Posgrado o la Legislación Universitaria;
- Coordinar el funcionamiento de los subcomités que establezca el Comité Académico, e informar al pleno del mismo las consideraciones y propuestas que emanen de dichos subcomités, y
- Cualquier otra que derive de los acuerdos y resoluciones del Comité Académico o de las opiniones, disposiciones y recomendaciones del Consejo de Estudios de Posgrado.
- Representar al Programa en actividades formales dentro y fuera de la UNAM;
- Promover al Programa en los ámbitos nacional e internacional, y
- Todos los asuntos académicos y operativos del posgrado no previstos en estas normas operativas.

## De los procedimientos y mecanismos de ingreso

**Norma 15.** El Comité Académico emitirá la convocatoria para el ingreso a los planes de estudio del Programa, con periodicidad semestral para el doctorado y anual para la maestría y la especialización, preferentemente. El Comité Académico podrá modificar la periodicidad de las convocatorias a primer ingreso.

**Norma 16.** Para ingresar al plan de estudios de la Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento, deberán presentar y cumplir con lo siguiente, de acuerdo a lo estipulado en el plan de estudios y en la convocatoria correspondiente:

- Estudios de licenciatura. La documentación que constante lo anterior se comprobará de la siguiente forma, según sea el caso:
  - Para el caso de egresados de otras instituciones de educación superior el título de licenciatura será obligatorio.
  - Para el caso de aspirantes egresados de la UNAM, título o acta de examen profesional.
  - Para el caso de aspirantes egresados de la UNAM que deseen ingresar al plan de estudios como opción de titulación por estudios de posgrado, se requerirá el 100% de los créditos de los estudios de licenciatura y, además, deberán contar con la carta de registro de esta opción de la Facultad o Escuela correspondiente.
  - El Comité Académico del Posgrado evaluará la pertinencia de admitir a aquellos aspirantes cuya formación pertenezca a otras áreas de conocimiento.
- Certificado de estudios de licenciatura con promedio igual o superior a 8.0 (ocho punto cero) en cualquiera de los casos mencionados. En caso de que el certificado no presente el promedio, se deberá entregar constancia oficial de promedio emitida por la institución de procedencia. Con base en la trayectoria académica y los resultados en el proceso de selección, el Comité Académico podrá autorizar el ingreso de aspirantes con promedio inferior a 8.0, siempre y cuando dicho promedio sea igual o superior a 7.0 (siete punto cero), de acuerdo con lo establecido en la Legislación Universitaria.
- Presentar y, en su caso, aprobar los exámenes de admisión correspondientes, a consideración del Comité Académico según lo dispuesto en la convocatoria.
- Constancia original que certifique conocimiento del idioma inglés a nivel de comprensión de lectura de textos técnicos, emitida por el Centro de Enseñanza de Lenguas Extranjeras (CELE) de la UNAM, otro centro de la UNAM o de una institución externa que tenga convenio con el CELE para dicho fin. En cada convocatoria, se especificará el tipo de certificación con la que debe contar el aspirante.
- Aprobar los exámenes de admisión, a consideración del Comité Académico en la convocatoria.
- Carta compromiso dirigida al Comité Académico del Programa para concluir los estudios en tiempo y forma, considerando lo establecido en la convocatoria.
- Presentarse y aprobar la entrevista, a consideración del Comité Académico en la convocatoria.
- Contar con la carta de aceptación otorgada por el Comité Académico.

- Entregar los documentos obligatorios de exigencia administrativa dentro del periodo que marquen la convocatoria de ingreso y el calendario de actividades del Programa.
- Cubrir las cuotas correspondientes, de acuerdo con lo previsto en la convocatoria respectiva.

Adicional a lo anterior, para el caso de aspirantes extranjeros o con estudios en el extranjero deberán contar con:

- Constancia de equivalencia de promedio mínimo de 8.0 (ocho punto cero), expedida por la Dirección General de Incorporación y Revalidación de Estudios de la UNAM.
- En el caso de que el español no sea la lengua materna del aspirante, deberá acreditar con una constancia el dominio de esta lengua. El Comité Académico determinará que instituciones son adecuadas para otorgar la constancia respectiva.
- Los aspirantes con estudios realizados en el extranjero, deberán presentar los documentos apostillados o legalizados, según corresponda, de acuerdo a lo señalado en la convocatoria.

En caso de aspirantes aceptados a la especialización deberán realizar la inscripción en los tiempos establecidos por la Unidad de Administración del Posgrado.

**Norma 17.** Para ingresar al plan de estudios de la Maestría en Ciencias e Ingeniería de la Computación deberán presentar y cumplir con lo siguiente, de acuerdo a lo estipulado en el plan de estudios y en la convocatoria correspondiente:

- Estudios de licenciatura. La documentación que constante lo anterior se comprobará de la siguiente forma, según sea el caso:
  - Para el caso de egresados de otras instituciones de educación superior el título de licenciatura será obligatorio.
  - Para el caso de aspirantes egresados de la UNAM, título o acta de examen profesional.
  - Para el caso de aspirantes egresados de la UNAM que deseen ingresar al plan de estudios como opción de titulación por estudios de posgrado, se requerirá el 100% de los créditos de los estudios de licenciatura y, además, deberán contar con la carta de registro de esta opción de la Facultad o Escuela correspondiente.
- Certificado de estudios de licenciatura con promedio igual o superior a 8.0 (ocho punto cero) en cualquiera de los casos mencionados. En caso de que el certificado no presente el promedio, se deberá entregar constancia oficial de promedio emitida por la institución de procedencia. Con base en la trayectoria académica y los resultados en el proceso de selección, el Comité Académico podrá autorizar el ingreso de aspirantes con promedio inferior a 8.0, siempre y cuando dicho promedio sea igual o superior a 7.0 (siete punto cero), de acuerdo con lo establecido en la Legislación Universitaria.
- Aprobar los exámenes de admisión, a consideración del Comité Académico en la convocatoria.

- Tres cartas de recomendación académicas o laborales, considerando lo establecido en la convocatoria.
- Carta de exposición de motivos de ingreso a la maestría y compromiso para concluir los estudios en tiempo y forma, considerando lo establecido en la convocatoria.
- Contar con la carta de aceptación otorgada por el Comité Académico.
- Entregar los documentos obligatorios de exigencia administrativa dentro del periodo que marquen la convocatoria de ingreso y el calendario de actividades del Programa.

Adicionalmente los aspirantes mexicanos con estudios en el extranjero o aquellos de nacionalidad extranjera deberán entregar:

- Constancia de equivalencia de promedio mínimo de 8.0 (ocho punto cero), expedida por la Dirección General de Incorporación y Revalidación de Estudios de la UNAM.
- Constancia de Comprensión de la lengua Española Nivel C, correspondiente a 551 a 700 puntos, expedida por el Centro de Enseñanza para Extranjeros (CEPE) de la UNAM, en caso de alumnos que tengan un idioma diferente al español.
- Los aspirantes con estudios realizados en el extranjero, deberán presentar los documentos apostillados o legalizados, según corresponda, de acuerdo a lo señalado en la convocatoria.

Los aspirantes aceptados al plan de estudios de maestría deberán realizar la inscripción en los tiempos establecidos por la instancia correspondiente.

**Norma 18.** Para ingresar al plan de estudios del Doctorado en Ciencias e Ingeniería de la Computación deberán presentar y cumplir con lo siguiente, de acuerdo a lo estipulado en el plan de estudios y en la convocatoria correspondiente:

- Estudios de maestría. La documentación que constante lo anterior se comprobará de la siguiente forma, según sea el caso:
  - Para el caso de egresados de otras instituciones de educación superior el grado de maestría será obligatorio.
  - Para el caso de aspirantes egresados de la UNAM, grado o acta de examen de grado.

En casos excepcionales, el Comité Académico podrá autorizar el ingreso de aspirantes que sólo cuenten con el título de licenciatura.

- Certificado de estudios de licenciatura y maestría con promedio igual o superior a 8.5 (ocho punto cinco), en el último grado obtenido. En caso de que el certificado no presente el promedio, se deberá entregar constancia oficial de promedio emitida por la institución de procedencia. Con base en la trayectoria académica y los resultados en el proceso de selección, el Comité Académico podrá autorizar el ingreso de aspirantes con promedio inferior a 8.0, (ocho punto cero), siempre y cuando dicho promedio sea igual o superior a 7.0 (siete punto cero), de acuerdo con lo establecido en la Legislación Universitaria.
- Aprobar los exámenes de admisión, a consideración del Comité Académico en la convocatoria.

- Constancia original que certifique conocimiento del dominio del idioma inglés o algunos de los siguientes puntajes de TOEFL: PBT 500, CBT 173, iBT 61, expedida por alguna entidad académica de la UNAM (CELE o cualquier otro centro de idiomas de la UNAM o instituciones externas con las cuales exista un convenio con el CELE para dicho fin).
- Tres cartas de recomendación académicas o laborales, considerando lo establecido en la convocatoria.
- Carta de exposición de motivos de ingreso al doctorado y compromiso para concluir los estudios en tiempo y forma, considerando lo establecido en la convocatoria.
- Proyecto de investigación, considerando lo establecido en la convocatoria.
- Contar con la carta de aceptación otorgada por el Comité Académico.
- Entregar los documentos obligatorios de exigencia administrativa dentro del periodo que marquen la convocatoria de ingreso y el calendario de actividades del Programa.

Adicionalmente los aspirantes mexicanos con estudios en el extranjero o aquellos de nacionalidad extranjera deberán entregar:

- Constancia de promedio mínimo de 8.5 (ocho punto cinco), expedida por la Dirección General de Incorporación y Revalidación de Estudios de la UNAM.
- Los aspirantes con estudios realizados en el extranjero, deberán presentar los documentos apostillados o legalizados, según corresponda, de acuerdo a lo señalado en la convocatoria.

Los aspirantes aceptados en el plan de estudios de doctorado deberán realizar la inscripción en los tiempos establecidos por la instancia correspondiente.

**Norma 19.** La recopilación e integración de la información referente al proceso de admisión y su entrega al Comité Académico para la decisión final, será responsabilidad del Coordinador del Programa.

El Comité Académico, tomando en cuenta los resultados de la evaluación global del aspirante realizada por el Subcomité de Admisión, emitirá la carta de aceptación o de rechazo. El Coordinador del Programa informará sobre los resultados a los interesados.

### **De los procedimientos y mecanismos para la evaluación global y permanencia de los alumnos de especialización, maestría y doctorado**

**Norma 20.** El desempeño académico de cada alumno de especialización y maestría deberá ser evaluado integralmente cada semestre, por su tutor o tutores principales. Para la evaluación se tomará en cuenta el plan individual del alumno elaborado previo al inicio del semestre entre él y su tutor o tutores principales.

En el doctorado, el desempeño académico del alumno deberá ser evaluado integralmente cada semestre por su comité tutor. El alumno elaborará un reporte escrito de las actividades realizadas durante el semestre y presentará dicho reporte en una reunión con todos los miembros de su comité tutor. Para la evaluación del alumno se tomará en

cuenta el plan de trabajo elaborado previo al inicio del semestre entre él y su tutor o tutores principales, y aprobado por su comité tutor.

Los resultados de dichas evaluaciones deberán ser presentados al Comité Académico de acuerdo con los formatos que establezca. Dicho Comité acordará lo conducente respecto a la permanencia del alumno en el Programa. Además, el alumno deberá:

- Realizar su reinscripción en los plazos previstos por la Coordinación del Posgrado.
- Acreditar las actividades académicas de acuerdo con lo establecido en el plan de estudios.
- Cubrir en el caso de la especialización la cuota de inscripción o reinscripción correspondiente.

**Norma 21.** De acuerdo con lo señalado en el Reglamento General de Estudios de Posgrado, el Comité Académico determinará las condiciones bajo las cuales un alumno puede continuar en el plan de estudios cuando reciba una evaluación semestral desfavorable de su tutor o tutores principales, o en su caso del comité tutor.

Si un alumno obtiene una segunda evaluación semestral desfavorable causará baja en el plan de estudios. De ser el caso, en los Lineamientos Generales para el Funcionamiento del Posgrado se establece que, el Comité Académico notificará al alumno su baja del plan de estudios y enviará copia de la notificación al tutor o tutores principales. El alumno que se vea afectado por esta disposición podrá, dentro de un plazo de cinco días hábiles, contados a partir de la fecha de haberle sido comunicada por escrito la resolución, solicitar la reconsideración de su baja ante el Comité Académico. El alumno deberá argumentar por escrito las razones que justifican su solicitud.

El Comité Académico, para emitir un dictamen justificado, tomará en cuenta las opiniones del tutor o tutores principales y, en su caso del comité tutor, en un lapso no mayor a diez días hábiles, el cual será inapelable. Si el dictamen resulta favorable, el alumno deberá cubrir las condiciones señaladas por el cuerpo colegiado. En el caso de que un dictamen favorable sea emitido después del periodo de inscripción, el Comité Académico autorizará la inscripción extemporánea.

**Norma 22.** De acuerdo con lo establecido en el Reglamento General de Estudios de Posgrado, si un alumno se inscribe dos veces en una misma actividad académica sin acreditarla, causará baja del plan de estudios.

De conformidad con los Lineamientos Generales para el Funcionamiento del Posgrado, el Comité Académico notificará al alumno su baja del plan de estudios y enviará copia de la notificación al tutor. El alumno que se vea afectado por esta disposición podrá, dentro de un plazo de cinco días hábiles a partir de la fecha de haberle sido comunicada por escrito la resolución, solicitar la reconsideración de su baja ante el Comité Académico. El alumno deberá argumentar por escrito las razones que justifican su solicitud. El Comité Académico tomará en cuenta, además, las opiniones del tutor o tutores principales.

El Comité Académico emitirá un dictamen justificado, en un lapso no mayor a diez días hábiles, el cual será inapelable. Si el dictamen resulta favorable, el alumno deberá cubrir, en su caso, las condiciones señaladas por el cuerpo colegiado. En el caso de que un

dictamen favorable sea emitido después del periodo de inscripción, el Comité Académico autorizará la inscripción extemporánea.

**Norma 23.** De acuerdo con lo establecido en el Reglamento General de Estudios de Posgrado, si el alumno no obtiene el grado en los plazos establecidos en el plan de estudios, podrá solicitar al Comité Académico un plazo adicional de un semestre consecutivo en el caso de la especialización con el fin de concluir los créditos y graduarse; de hasta dos semestres consecutivos con el fin de concluir la totalidad de los créditos y graduarse para los alumnos de maestría; o de concluir el plan de trabajo, las actividades académicas y graduarse para los alumnos de doctorado. Dicha solicitud deberá contar con el aval del tutor o tutores principales para la especialización o la maestría, o del comité tutor para el doctorado. En caso de que el estudiante no obtenga el grado en dicho plazo, el Comité Académico decidirá si procede la baja definitiva del plan de estudios. En casos excepcionales, el Comité Académico podrá autorizar una prórroga con el único fin de que los alumnos obtengan el grado, previa solicitud de los mismos.

### **De las modalidades de graduación de la Especialización**

**Norma 24.** Las modalidades de graduación para obtener el grado de especialista son:

- Proyecto final.
- Examen general de conocimientos.

En todos los casos, el alumno deberá graduarse dentro de los plazos establecidos en el plan de estudios, de no ser así deberá proceder de acuerdo con la Norma 25.

**Norma 25.** El alumno de la especialización deberá solicitar al Comité Académico, con el aval de su tutor o tutores principales, la modalidad de graduación por la que desea optar antes de terminar el segundo semestre. La solicitud será evaluada por el Subcomité de Asuntos Docentes y Escolares, mediante una presentación oral y un documento escrito por el alumno. Las modalidades de graduación, son:

Proyecto final. Trabajo alrededor de un problema específico de aplicación del cómputo de alto rendimiento docente o de interés profesional. Debe incluir un análisis del problema, antecedentes, revisión bibliográfica, hipótesis y metodología que se siguieron para resolverlo, así como la interpretación de sus resultados y propuestas de trabajo futuro más allá de la delimitación del problema original. El proyecto final debe ser planeado para terminarse en un plazo máximo de seis meses, ya que se desarrolla en el Seminario de Cómputo de Alto Rendimiento.

Las aptitudes que se evaluarán son:

- Integración de los conocimientos adquiridos en la especialización.
- Análisis de un problema o resolver un ejercicio relacionado con el cómputo de alto rendimiento.
- Desarrollo de una metodología de solución adecuada.
- Realización de búsquedas de información necesarias.

Examen general de conocimientos. Tiene como objetivo que el alumno demuestre poseer conocimientos sólidos y actualizados en cómputo de alto rendimiento, incluyendo las bases teóricas y empíricas adquiridas durante los estudios de la especialización. El alumno debe demostrar que es capaz de desarrollar soluciones a problemas específicos que requieran de conocimientos en cómputo de alto rendimiento.

En las dos modalidades de graduación se presenta un examen oral en el cual los sinodales interrogan al alumno y cuyos procedimientos se detallan en las normas operativas.

**Norma 26.** Los alumnos podrán solicitar por escrito y con el aval de su tutor o tutores principales el cambio de forma de graduación. El Comité Académico podrá aprobar o rechazar la solicitud tomando en consideración la opinión del tutor o tutores principales y la recomendación del Subcomité de Asuntos Docentes y Escolares. El Comité Académico podrá también, en este caso, recomendar la graduación por examen general de conocimientos cuando el avance del trabajo sea insuficiente.

### **Del procedimiento para la obtención del grado de especialista**

**Norma 27.** Con base en el Reglamento General de Estudios de Posgrado, para obtener el grado de especialista será necesario haber cubierto la totalidad de los créditos y demás requisitos previstos y aprobar alguna de las modalidades de graduación establecidas en el plan de estudios respectivo.

**Norma 28.** La modalidad de graduación por proyecto final requiere la elaboración de un documento escrito y un examen con réplica oral.

**Norma 29.** Para la modalidad de graduación por proyecto final, una vez que el documento escrito haya sido avalado por el tutor o tutores principales, se procederá de acuerdo con lo siguiente:

- El alumno deberá entregar el documento a los miembros del jurado;
- El jurado se integrará con tres sinodales;
- Los sinodales deberán emitir su voto fundamentado por escrito en un plazo máximo de diez días hábiles, contados a partir del momento en que oficialmente reciban el documento escrito. El voto será comunicado al Comité Académico;
- Si alguno de los sinodales no emite su voto en el periodo correspondiente, el Comité Académico podrá sustituirlo, reiniciando el periodo correspondiente con el nuevo sinodal designado;
- Será requisito para presentar el examen de grado entregar los tres votos emitidos, de los cuales al menos dos deben ser favorables, y
- El examen de grado se llevará a cabo con réplica oral y en él deberán participar al menos tres sinodales.

**Norma 30.** Para el caso de graduación por examen general de conocimientos, se procederá de acuerdo con lo siguiente:

- El alumno solicitará al Comité Académico el tema sobre el cual quiere ser interrogado, incluyendo las dos actividades académicas obligatorias básicas.

- El jurado se integrará con tres sinodales: dos de ellos interrogarán sobre las actividades académicas obligatorias básicas y los demás sobre las actividades académicas optativas cursadas por el alumno.
- Los tres sinodales acordarán, en una reunión convocada por el presidente del jurado, los problemas que resolverá el alumno. Durante la reunión el presidente del jurado promoverá la discusión colegiada de los exámenes que se aplicarán al alumno, con el objetivo de promover un nivel adecuado de dificultad para estos exámenes, así como para darles la mayor coherencia posible y que resulten en una evaluación integral del alumno.

**Norma 31.** Tanto en la obtención del grado de especialista por proyecto final o por examen de conocimientos, el alumno que no cuente con al menos dos de los votos favorables requeridos, podrá solicitar al Comité Académico la revisión del voto o votos no favorables, dentro de un plazo no mayor de cinco días hábiles a partir de que le fue comunicado por escrito el voto o votos desfavorables. Para ello deberá solicitar por escrito la revisión de su caso al Comité Académico, argumentando las razones que sustentan su solicitud.

El Comité Académico podrá ratificar el dictamen no favorable o solicitar una nueva opinión de otro tutor acreditado en el Programa, y notificará la resolución al alumno y al tutor en un lapso no mayor a 30 días hábiles, a través de un dictamen justificado, el cual será inapelable.

**Norma 32.** Para la aprobación de los exámenes de grado de especialista se requiere del voto aprobatorio de la mayoría de los sinodales. Sin embargo, en el acta sólo aparecerán las palabras de “Aprobado y obtiene el grado de”; o bien, de “Suspendido”, debiendo firmar el acta todos los sinodales asistentes al examen independientemente del sentido de su voto.

**Norma 33.** En el caso de que el alumno obtenga “Suspendido” en el examen de grado, el Comité Académico autorizará otro examen, el cual deberá realizarse no antes de seis meses después de haberse celebrado el anterior.

En los exámenes de excepcional calidad para obtener el grado de especialista podrá otorgarse mención honorífica. Asimismo, el sínodo podrá recomendar al Comité Académico se proponga al sustentante para obtener la medalla Alfonso Caso.

**Norma 34.** De acuerdo con lo establecido en los Lineamientos Generales para el Funcionamiento del Posgrado y en el Reglamento General de Estudios de Posgrado, la Coordinación de Estudios de Posgrado expedirá un certificado complementario al grado de especialista, mismo que proporcionará una descripción de la naturaleza, nivel, contexto, contenido y estatus de los estudios concluidos por el alumno, facilitando el reconocimiento académico y profesional.

Dicho certificado se expedirá y entregará en la Coordinación de Estudios de Posgrado en un plazo no mayor de 45 días hábiles, contados a partir de que el alumno proporcione en la dependencia antes mencionada copia del acta que avale el grado de especialista.

### **Del procedimiento para la obtención de la**

## **candidatura al grado de doctor**

**Norma 35.** El examen de candidatura al grado de doctor deberá presentarse a más tardar en el cuarto semestre; aprobarlo es un requisito previo indispensable para la obtención de dicho grado. En casos excepcionales, el Comité Académico podrá otorgar una prórroga a dicho plazo.

**Norma 36.** El jurado de examen de candidatura al grado de doctor estará integrado por cinco sinodales. Para la integración del jurado el Comité Académico tomará en cuenta los siguientes aspectos:

- Podrán participar en el jurado el tutor o tutores principales, o miembros del comité tutor.
- Se propiciará la participación de miembros de más de una entidad académica participante;
- El Comité Académico procurará que un sinodal sea externo a la UNAM, y
- Los sinodales deberán cumplir con los requisitos establecidos para los tutores de doctorado en el Programa.

**Norma 37.** Para obtener la candidatura al grado de doctor se seguirá el siguiente procedimiento:

- El comité tutor determinará si el alumno está preparado para presentar el examen;
- El alumno entregará por escrito a la Coordinación del Posgrado un reporte con el planteamiento y avances del tema de investigación, conteniendo al menos:
  - Objetivos.
  - Análisis del estado del arte.
  - Metas.
  - Metodología.
  - Resultados parciales obtenidos.
  - Plan de trabajo.
  - Conclusiones y discusión.
  - Publicaciones que haya realizado hasta la fecha, incluyendo al menos, un artículo en extenso publicado en las memorias de un congreso arbitrado de prestigio reconocido por el Comité Académico del Programa.
- El Comité Académico, tomando en cuenta la propuesta del comité tutor y del alumno, integrará el jurado y lo hará del conocimiento de los interesados.
- Los sinodales deberán enviar a la Coordinación del Posgrado sus comentarios y observaciones previamente al examen.
- En el examen de candidatura deberán participar al menos tres sinodales.
- El examen se realizará en forma oral, y consistirá en la defensa del reporte de avances de la investigación realizada.
- Para la aprobación del examen de candidatura se requiere de la mayoría de los votos del jurado.

**Norma 38.** Al finalizar el examen de candidatura al grado los sinodales deberán:

- Firmar el acta señalando el resultado con una de las siguientes notas:

- Aprobado y candidato al grado de doctor.
  - Aprobado y candidato al grado de doctor con recomendaciones que deberán ser atendidas por el comité tutor y el alumno.
  - No aprobado.
- En caso de no aprobar el examen, el Comité Académico podrá conceder otro examen por única vez, el cual deberá ser presentado a más tardar en un año contado a partir de la fecha de presentación del examen anterior.
  - En los casos de aprobación del examen de candidatura, el Comité Académico otorgará la candidatura al grado de doctor.
  - El jurado una vez realizado el examen enviará el acta del mismo, junto con la evaluación fundamentada, al Comité Académico.
  - Si el alumno obtiene una segunda evaluación negativa será dado de baja del plan de estudios.

### **Del requisito de la publicación para optar por el grado de doctor**

**Norma 39.** De conformidad con lo establecido en el plan de estudios, es requisito para obtener el grado de doctor que el alumno cuente por lo menos con la aceptación de un artículo en una revista arbitrada, con reconocimiento internacional en un área afín a la computación o al tema de investigación. Para este efecto se deberá seguir el siguiente procedimiento:

- El alumno puede, si lo desea, solicitar al Comité Académico, con el visto bueno del comité tutor, la aprobación de la revista en la que desea publicar su artículo.
- El Comité Académico determinará si dicha revista cumple académicamente.
- El alumno enviará a la revista su artículo para su dictamen, y en su caso, futura publicación.
- Para cumplir con el requisito, todos los alumnos deberán entregar al Comité Académico una copia del artículo publicado o copia del manuscrito junto con la carta de aceptación de la revista. El comité tutor deberá avalar que la contribución científica y técnica del artículo son resultado del trabajo de investigación del alumno.
- El Comité Académico determinará si el artículo publicado o aceptado es satisfactorio para cumplir con este requisito para la obtención del grado.

### **De la excepción al requisito de la publicación para optar por el grado de doctor**

**Norma 40.** En casos excepcionales se podrán considerar como sustituto de la publicación en revista, uno o más artículos elaborados por el candidato con ese fin y formato siempre que se cumplan con las siguientes condiciones:

- Que el alumno haya enviado el artículo a una revista especializada, con reconocimiento internacional y que cuente con el acuse de recibo.
- Que el alumno haya terminado sus actividades académicas en un máximo de ocho semestres, incluyendo la redacción de la tesis.

- Que el alumno haya acreditado las actividades doctorales y que las opiniones de su comité tutor no muestren en ninguna de sus evaluaciones semestrales desempeños poco satisfactorios y que por el contrario, muestren una constante superación académica del alumno.
- Que el alumno haya aprobado el examen de candidatura en una primera vuelta y dentro de los primeros cuatro semestres a partir de su primera inscripción al doctorado.
- Que los comentarios y sugerencias obtenidos en el examen de candidatura demuestren un desempeño destacado del alumno y no muestren serias deficiencias en la calidad académica del trabajo de investigación.
- Que el alumno haya publicado y presentado por lo menos dos artículos en conferencias arbitradas de alto nivel académico.
- Que los miembros del comité tutor elaboren una revisión técnica del artículo sometido a la revista, y que sus comentarios reflejen que el trabajo aporta contribuciones originales al estado del arte del tema y que es un trabajo de calidad suficiente para publicación en una revista especializada de reconocimiento internacional.

### **Del procedimiento para la integración, designación y modificación de los jurados en los exámenes de grado**

**Norma 41.** El Comité Académico designará el jurado para exámenes de grado y lo hará del conocimiento de los interesados, tomando en cuenta la propuesta del alumno, del tutor o tutores principales para alumnos de especialización y maestría; y del alumno y de su comité tutor para alumnos de doctorado.

**Norma 42.** De conformidad con lo establecido en el Reglamento General de Estudios de Posgrado y en los Lineamientos Generales para el Funcionamiento del Posgrado, los jurados para exámenes de grado se integrarán de acuerdo con lo siguiente:

Para exámenes de especialización:

- Podrán participar en el jurado el tutor o tutores principales.
- Se propiciará la participación de sinodales de más de una entidad académica.
- Los sinodales deberán cumplir con los requisitos establecidos para ser tutor de la especialización.
- El jurado de exámenes de cualquier modalidad de graduación se integrará con tres sinodales.

Para exámenes de maestría:

- Podrán participar en el jurado el tutor o tutores principales.
- Se propiciará la participación de sinodales de más de una entidad académica.
- Los sinodales deberán cumplir con los requisitos establecidos para ser tutor de maestría.
- El jurado de exámenes de cualquier modalidad de graduación se integrará con cinco sinodales.

Para el doctorado:

- Podrán participar en el jurado el tutor o tutores principales y los miembros del comité tutor.
- El jurado se integrará con cinco sinodales.
- Se propiciará la participación de sinodales de más de una entidad académica.
- Los sinodales deberán cumplir con los requisitos para ser tutor de doctorado.

**Norma 43.** Los Lineamientos Generales para el Funcionamiento del Posgrado establecen que el Comité Académico decidirá sobre las solicitudes de cambio en la integración del jurado de grado. Los alumnos de especialización y de maestría con aval del tutor o tutores principales y los de doctorado con aval del comité tutor podrán solicitarlo argumentando las razones que lo justifiquen.

#### **Del procedimiento para la obtención del grado de maestro o doctor**

**Norma 44.** Las modalidades de graduación para obtener el grado de maestro son:

- Tesis.
- Práctica profesional.
- Artículo en revista indizada.
- Examen sobre proyecto de investigación doctoral.
- Examen general de conocimientos.

En todos los casos, el alumno deberá graduarse dentro de los plazos establecidos en el plan de estudios, de no ser así deberá proceder de acuerdo con la Norma 25.

**Norma 45.** El alumno deberá solicitar al Comité Académico, con el aval de su tutor o tutores principales, la modalidad de graduación por la que desea optar.

En los casos de solicitud de graduación por examen general de conocimientos, el alumno sólo presentará al Comité Académico, al final del segundo semestre, la carta solicitud especificando las dos actividades optativas que cursará durante el tercer semestre en lugar del Seminario de Investigación II.

En las modalidades de tesis, artículo en revista indizada, examen sobre proyecto de investigación doctoral y práctica profesional, considerando lo establecido en el plan de estudios, en el Coloquio de Investigación II, el alumno presentará un informe y expondrá los avances de su investigación, ante una comisión de evaluación formada por al menos tres tutores del campo de conocimiento respectivo, propuesta por el Subcomité de Asuntos Docentes y Escolares y aprobada por el Comité Académico.

En la tesis, el artículo en revista indizada y el examen sobre proyecto de investigación doctoral, el informe consistirá en un reporte detallado de avances en el tema de investigación, avalado por su tutor o tutores principales, incluyendo: título, objetivo, revisión bibliográfica, metodología, resultados hasta la fecha y calendario de actividades incluyendo la graduación al final del cuarto semestre.

En la práctica profesional, el informe consistirá en un reporte detallado de avances del proyecto de desarrollo tecnológico, avalado por su tutor o tutores principales y el responsable técnico en la institución receptora, incluyendo: título, objetivo, revisión

bibliográfica, metodología, descripción de resultados hasta la fecha, y calendario de actividades que incluyan la graduación al final del cuarto semestre.

Con base en la recomendación académica de la comisión de evaluación, el Comité Académico podrá aprobar o no la modalidad de graduación solicitada por el alumno, y en su caso podrá ofrecer como opción el examen general de conocimientos como forma de graduación. Si el alumno elige esta modalidad, y si así lo determina el Comité Académico considerando el desempeño, el alumno deberá inscribirse a dos actividades académicas adicionales durante el cuarto semestre.

**Norma 46.** Los alumnos podrán solicitar por escrito y con el aval de su tutor o tutores principales el cambio de modalidad de graduación. El Comité Académico podrá aprobar o rechazar la solicitud tomando en consideración la opinión del tutor o tutores principales y la recomendación del Subcomité de Asuntos Docentes y Escolares. El Comité Académico podrá también, en este caso, recomendar la graduación por examen general de conocimientos cuando el avance del trabajo de investigación o de práctica profesional sea pobre.

**Norma 47.** Una vez que se cuente con la aprobación del Comité Académico para graduarse por la modalidad solicitada y el documento(s) realizado(s) para obtener el grado de maestría haya sido avalado por el tutor o tutores principales, se procederá de acuerdo a lo siguiente:

En modalidad con tesis:

- El alumno presentará al Comité Académico la propuesta de la integración del jurado, avalada por su tutor o tutores principales.
- El Comité Académico integrará el jurado, tomando en consideración la opinión del alumno y de su tutor o tutores principales.
- El jurado se integrará con cinco sinodales.
- El alumno entregará la tesis a cada uno de los sinodales, comunicando por escrito la fecha de entrega a la Coordinación del Posgrado.
- Los sinodales deberán emitir su voto fundamentado por escrito en un plazo máximo de treinta días hábiles, contados a partir del momento en que oficialmente reciban la tesis.
- Si alguno de los sinodales no emite su voto en este periodo, el Comité Académico podrá sustituirlo, reiniciando el periodo de treinta días hábiles con el nuevo sinodal designado.
- Será requisito para realizar el examen de grado presentar los cinco votos emitidos y contar al menos con cuatro votos favorables.
- En caso de que el alumno reciba más de un voto desfavorable podrá seguir el procedimiento establecido en las presentes normas operativas.
- La Coordinación del Posgrado, solicitará a la Subdirección de Asuntos Escolares del Posgrado (SAEP), la fecha de realización del examen.
- En el examen de grado deberán participar al menos tres sinodales.
- La réplica oral consistirá en la presentación y defensa de la tesis.
- El veredicto se tomará por mayoría, en términos de Suspendido, Aprobado o Aprobado con mención honorífica.
- El jurado podrá conceder la mención honorífica a los candidatos que además de cumplir con los requisitos señalados en el artículo 12 del Reglamento del

Reconocimiento al Mérito Universitario, no tengan calificaciones de NA (no acreditada o equivalente a cinco) y no hayan recibido una evaluación semestral desfavorable.

Artículo en revista indizada:

- El alumno presentará al Comité Académico la propuesta de la integración del jurado, avalada por su tutor o tutores principales.
- El Comité Académico integrará el jurado, tomando en consideración la opinión del alumno y de su tutor o tutores principales.
- El jurado se integrara con cinco sinodales.
- El alumno entregará a cada uno de los sinodales el artículo publicado o aceptado para su publicación en una revista indizada, comunicando por escrito la fecha de entrega a la Coordinación del Posgrado.
- El jurado determinará si el índice en el que se encuentra la revista es adecuado y evaluará la contribución del alumno al trabajo de investigación reportado.
- Los sinodales deberán emitir su voto fundamentado por escrito en un plazo máximo de diez días hábiles, contados a partir del momento en que oficialmente reciban el artículo.
- Si alguno de los sinodales no emite su voto en este periodo, el Comité Académico podrá sustituirlo, reiniciando el periodo de diez días hábiles con el nuevo sinodal designado.
- Será requisito para realizar el examen de grado presentar los cinco votos emitidos y contar al menos con cuatro votos favorables.
- En caso de que el alumno reciba más de un voto desfavorable podrá seguir el procedimiento establecido en las presentes normas operativas.
- La Coordinación del Posgrado, solicitará a la SAEP, la fecha de realización del examen.
- En el examen de grado deberán participar al menos tres sinodales.
- La réplica oral consistirá en la presentación y defensa del artículo.
- El veredicto se tomará por mayoría, en términos de Suspendido, Aprobado o Aprobado con mención honorífica.
- El jurado podrá conceder la mención honorífica a los candidatos que además de cumplir con los requisitos señalados en el artículo 12 del Reglamento del Reconocimiento al Mérito Universitario, no tengan calificaciones de NA (no acreditada o equivalente a cinco) y no hayan recibido una evaluación semestral desfavorable.

Práctica profesional:

- El alumno presentará al Comité Académico la propuesta de la integración del jurado, avalada por su tutor o tutores principales.
- El Comité Académico integrará el jurado, tomando en consideración la opinión del alumno y de su tutor o tutores principales.
- El jurado se integrara con cinco sinodales.
- El alumno entregará el reporte de la práctica profesional realizada a cada uno de los sinodales, comunicando por escrito la fecha de entrega a la Coordinación del Posgrado.

- Los sinodales deberán emitir su voto fundamentado por escrito en un plazo máximo de diez días hábiles, contados a partir del momento en que oficialmente reciban el reporte de la práctica profesional.
- Si alguno de los sinodales no emite su voto en este periodo, el Comité Académico podrá sustituirlo, reiniciando el periodo de diez días hábiles con el nuevo sinodal designado.
- Será requisito para realizar el examen de grado presentar los cinco votos emitidos y contar al menos con cuatro votos favorables.
- En caso de que el alumno reciba más de un voto desfavorable podrá seguir el procedimiento establecido en las presentes normas operativas.
- La Coordinación de Programa, solicitará a la UAP, la fecha de realización del examen.
- En el examen de grado deberán participar al menos tres sinodales.
- La réplica oral consistirá en la presentación y defensa del reporte.
- El veredicto se tomará por mayoría, en términos de Suspendido, Aprobado o Aprobado con mención honorífica.
- El jurado podrá conceder la mención honorífica a los candidatos que además de cumplir con los requisitos señalados en el Artículo 12 del Reglamento del Reconocimiento al Mérito Universitario, no tengan calificaciones de NA (no acreditada o equivalente a cinco) y no hayan recibido una evaluación semestral desfavorable.

Examen sobre proyecto de investigación doctoral:

El alumno deberá:

- Concluir todos los créditos de la Maestría en los tiempos establecidos en el plan de estudios.
- No haber obtenido ninguna calificación reprobatoria.
- No haber obtenido ninguna evaluación semestral desfavorable.
- Contar con la recomendación de su tutor o tutores principales.
- Presentar la solicitud al Comité Académico de graduación por esta modalidad, la cual deberá contener la exposición de motivos.
- Presentar una propuesta de proyecto doctoral avalado por un tutor del Programa.
- Una vez obtenida la autorización del Comité Académico para graduarse por esta modalidad se procederá de acuerdo con los lineamientos para obtener la candidatura al grado de doctor, establecidos en las presentes normas operativas.
- Al aprobar el examen, obtendrá el grado de maestro, y adicionalmente si es de su interés y cumple con los demás requisitos establecidos será admitido como alumno del doctorado, se le acreditará la candidatura y se generará el acta correspondiente, durante el primer semestre de inscripción del alumno en el doctorado. En cuyo caso el Comité Académico determinará la duración de los estudios de doctorado.
- En caso de no aprobar el examen el Comité Académico podrá autorizar otra modalidad de graduación.

Examen general de conocimientos:

- El alumno solicitará al Comité Académico el campo de conocimiento sobre el cual quiere ser interrogado incluyendo dos actividades académicas básicas.

- El jurado se integrará con cinco sinodales: dos de ellos interrogarán sobre las actividades académicas básicas y los demás sobre actividades académicas optativas del campo de conocimiento del alumno.
- Los cinco sinodales acordarán, en una reunión convocada por el presidente del jurado, los problemas que resolverá el alumno. Durante la reunión el presidente del jurado promoverá la discusión colegiada de los cinco trabajos escritos que se aplicarán al alumno, con el objetivo de promover su evaluación integral, un nivel adecuado de dificultad y para dar la mayor coherencia posible a éstos.
- Cada sinodal designado para interrogar al alumno sobre una actividad académica básica, preparará un examen de la actividad correspondiente de acuerdo con el temario de la misma. El alumno deberá responder cada examen *in situ*, el día y hora acordados con cada sinodal.
- Cada sinodal designado para interrogar sobre una actividad académica del campo de conocimiento entregará al alumno por escrito los problemas que deberá resolver de acuerdo con un programa de fechas establecido por el jurado. El alumno deberá entregar a cada sinodal un trabajo escrito con las soluciones dentro de un plazo no mayor a seis días hábiles después de haber recibido los problemas.
- El alumno deberá concluir sus cinco trabajos en un plazo no mayor a tres meses.
- Los sinodales deberán emitir su voto fundamentado por escrito en un plazo máximo de diez días hábiles, contados a partir de la fecha en que reciban el reporte escrito del alumno, el cual será comunicado al Comité Académico.
- Si alguno de los sinodales no emite su voto en este periodo, el Comité Académico podrá sustituirlo, el nuevo sinodal en colaboración con el presidente del jurado, realizará las actividades descritas en esta norma.
- En caso de que el alumno reciba más de un voto desfavorable podrá seguir el procedimiento establecido en las presentes normas operativas.
- Será requisito para presentar el examen de grado presentar los cinco votos de los sinodales, de los cuales al menos cuatro sean favorables.
- El examen de grado se llevará a cabo con réplica oral en la cual el alumno defenderá las soluciones propuestas y en él deberán participar al menos tres sinodales. Durante el examen de grado, sólo se permitirá la presencia del alumno y de los sinodales.

**Norma 48.** Una vez que el documento de tesis para obtener el grado de doctor ha recibido el aval del comité tutor se procederá de acuerdo con lo siguiente:

- El alumno deberá entregar la tesis a los miembros del jurado.
- El jurado se integrará con cinco sinodales.
- Los sinodales deberán estar acreditados como tutores de doctorado en el Programa, en otros programas de doctorado de la UNAM o de otras instituciones nacionales o extranjeras, y deberán contar con méritos académicos similares a los de un tutor de doctorado del propio Programa. El Comité Académico podrá autorizar la participación de otros sinodales que posean méritos académicos similares a los de un tutor de doctorado del propio Programa.
- Los sinodales deberán emitir su voto fundamentado por escrito en un plazo máximo de cuarenta días hábiles, contados a partir del momento en que oficialmente reciban la tesis, el cual será comunicado al Comité Académico.

- Si alguno de los sinodales no emite su voto en este periodo, el Comité Académico podrá sustituirlo, reiniciando el periodo de cuarenta días hábiles con el nuevo sinodal designado.
- Será requisito para presentar el examen de grado que al menos cuatro de los cinco votos emitidos sean favorables.
- En el examen de grado deberán participar al menos tres sinodales.

**Norma 49.** Tanto en la obtención del grado de maestría por tesis, artículo de revista indizada, examen general de conocimientos, práctica profesional y examen sobre proyecto de investigación doctoral, así como en la obtención del grado de doctor, el alumno que no cuente con al menos cuatro de los votos favorables requeridos, podrá solicitar al Comité Académico la revisión del voto o votos no favorables, dentro de un plazo no mayor de cinco días hábiles a partir de que le fue comunicado por escrito el voto o votos desfavorables. Para ello deberá solicitar por escrito la revisión de su caso al Comité Académico, argumentando las razones que sustentan su solicitud.

El Comité Académico podrá ratificar el dictamen no favorable o solicitar una nueva opinión de otro tutor acreditado en el Programa, y notificará la resolución al alumno y al tutor en el caso de alumnos de maestría, y al alumno y al comité tutor en el caso de alumnos de doctorado, en un lapso no mayor a treinta y cuarenta días hábiles respectivamente, a través de un dictamen justificado, el cual será inapelable.

**Norma 50.** Para la realización del examen de grado el alumno deberá realizar su solicitud de graduación con visto bueno de su tutor y comité tutor, al Comité Académico.

**Norma 51.** Para la aprobación de los exámenes de grado de maestría y doctorado se requiere del voto aprobatorio de la mayoría de los sinodales. Sin embargo, en el acta sólo aparecerán las palabras de “Aprobado y obtiene el grado de...”; o bien, de “Suspendido”, debiendo firmar el acta todos los sinodales asistentes al examen independientemente del sentido de su voto.

**Norma 52.** En el caso de que el alumno obtenga “Suspendido” en el examen de grado de maestro o doctor, el Comité Académico autorizará otro examen, el cual deberá realizarse no antes de seis meses después de haberse celebrado el anterior.

**Norma 53.** De acuerdo con lo establecido en los Lineamientos Generales para el Funcionamiento del Posgrado y en el Reglamento General de Estudios de Posgrado, la Coordinación de Estudios de Posgrado expedirá un certificado complementario al grado de maestro o doctor, mismo que proporcionará una descripción de la naturaleza, nivel, contexto, contenido y estatus de los estudios concluidos por el alumno, facilitando el reconocimiento académico y profesional.

Dicho certificado se expedirá y entregará en la Coordinación de Estudios de Posgrado en un plazo no mayor de cuarenta y cinco días hábiles, contados a partir de que el alumno proporcione en la dependencia antes mencionada copia del acta que avale el grado de maestro o doctor.

### **De los procedimientos para el cambio de inscripción de maestría a doctorado, y viceversa**

**Norma 54.** El Comité Académico podrá autorizar el cambio de inscripción de maestría a doctorado cuando el alumno satisfaga los siguientes requisitos:

- Haber concluido al menos tres semestres de la maestría y obtenido un promedio mínimo de 9.0 (nueve punto cero) en las actividades académicas en las que se haya inscrito.
- No haber obtenido calificación reprobatoria, ni no presentado.
- No haber obtenido ninguna evaluación semestral desfavorable.
- Contar con la recomendación de su tutor o tutores principales.
- Presentar la solicitud al Comité Académico de cambio de inscripción la cual deberá contener la exposición de motivos.
- Presentar una propuesta de proyecto doctoral avalado por un tutor del Programa.

El alumno deberá enviar la solicitud y la documentación requerida en los incisos anteriores al Comité Académico quien turnará el caso al Subcomité de Admisión de doctorado para su análisis. El Comité Académico emitirá la resolución definitiva e inapelable.

Cuando la resolución sea positiva, el Comité Académico admitirá al alumno al doctorado y determinará el plazo para presentar el examen de candidatura al grado de doctor. En caso contrario, el alumno podrá continuar realizando su plan individual de actividades de maestría.

**Norma 55.** El Comité Académico podrá autorizar el cambio de inscripción de doctorado a maestría cuando el alumno satisfaga los siguientes requisitos:

- No haber obtenido el grado de maestro en este Programa.
- No haber obtenido evaluaciones semestrales desfavorables.
- Contar con la recomendación de su comité tutor.
- Presentar la solicitud al Comité Académico de cambio de inscripción la cual deberá contener la exposición de motivos.

El alumno deberá enviar la solicitud y la documentación requerida en los incisos anteriores al Comité Académico para que éste analice el caso y emita una resolución definitiva e inapelable.

El comité tutor presentará la propuesta al Comité Académico y recomendará el valor en créditos de las actividades académicas realizadas en el doctorado y la propuesta de las equivalencias correspondientes. Cuando la resolución sea positiva, el Comité Académico determinará la duración máxima de los estudios en la maestría, así como las actividades académicas adicionales que el alumno deberá cursar de acuerdo con el plan de estudios de maestría.

### **Procedimientos para la suspensión, reincorporación, evaluación alterna y aclaraciones respecto de decisiones académicas que afecten al alumno**

**Norma 56.** De conformidad con lo establecido en el Reglamento General de Estudios de Posgrado los alumnos tienen derecho a:

- Suspender sus estudios hasta por un plazo máximo de dos semestres sin afectar su situación académica. La solicitud de suspensión deberá presentarse con anterioridad al inicio del semestre lectivo o a más tardar al término del primer mes del semestre. En casos debidamente justificados, el Comité Académico podrá autorizar la suspensión cuando la solicitud sea presentada fuera de los tiempos señalados, o bien, podrá otorgar la suspensión por un plazo mayor. Se atenderán particularmente las especificidades de género, en especial los casos de embarazo de las alumnas.
- Solicitar su reincorporación al plan de estudios cuando hayan suspendido los estudios sin autorización; el Comité Académico determinará la procedencia y los términos de la reincorporación. En este caso el tiempo total de inscripción efectiva no podrá exceder los límites establecidos en el plan de estudios.
- Solicitar autorización para realizar los exámenes o evaluaciones finales cuando por causas debidamente justificadas no hayan cumplido con este requisito. El Comité Académico estudiará el caso y podrá establecer mecanismos alternos de evaluación.
- Plantear por escrito al Coordinador del Programa o Comité Académico solicitudes de aclaración respecto de decisiones académicas que les afecten y recibir la respuesta por el mismo medio en un plazo máximo de treinta días hábiles.

#### **De las equivalencias de estudios para alumnos del plan o planes a modificar**

**Norma 57.** De acuerdo con lo establecido en el Reglamento General de Estudios de Posgrado, los alumnos de planes de estudios anteriores a la vigencia del nuevo Reglamento (2006) los concluirán de conformidad con los plazos, disposiciones y plan de estudios vigente en el momento de su ingreso, o bien, podrán optar por continuar y concluir sus estudios en un programa adecuado, modificado o uno nuevo, previa solicitud al Comité Académico y acuerdo favorable del mismo.

**Norma 58.** Para el cambio de un plan de estudios vigente a uno con modificaciones mayores determinado por el Consejo Académico del Área de las Ciencias Físico Matemáticas y de las Ingenierías, o a uno adecuado, el alumno, deberá sujetarse al siguiente procedimiento:

- Solicitar su cambio por medio de un escrito dirigido al Comité Académico, a través del Coordinador del Programa.
- El Coordinador del Programa presentará el caso al Comité Académico proponiendo las equivalencias de acuerdo con la tabla de equivalencias de cada plan de estudios.
- El Coordinador del Programa le comunicará al alumno la aceptación de cambio al plan de estudios solicitado así como las equivalencias autorizadas.
- El Coordinador del Programa notificará a la Dirección General de Administración Escolar el acuerdo del Comité Académico respecto del cambio del plan de estudios del alumno, así como de las equivalencias autorizadas.

#### **Procedimiento para las revalidaciones y acreditaciones de estudios realizados en otros planes de posgrado**

**Norma 59.** Para solicitar la revalidación o acreditación de estudios realizados en otros planes de posgrado el alumno deberá sujetarse al siguiente procedimiento:

- Solicitar su revalidación o acreditación por medio de un escrito dirigido al Comité Académico, a través del Coordinador del Programa.
- El Coordinador del Programa presentará el caso al Comité Académico.
- Para la revalidación, el Comité Académico determinará las actividades académicas que pueden ser revalidadas en el plan de estudios a cursar.
- Para la acreditación, el Comité Académico determinará las actividades académicas que serán equivalentes en el plan de estudios en el que se encuentra inscrito el alumno, previa recomendación del tutor o tutores principales y en su caso del comité tutor.
- El Coordinador del Programa comunicará al alumno y a la Dirección General de Administración Escolar la resolución del Comité Académico.

En el plan o planes de estudio del Programa se especifica el porcentaje de créditos a revalidar o acreditar, el cual no podrá exceder a los señalados en los Lineamientos Generales para el Funcionamiento del Posgrado: 40% para las revalidaciones y 50% para las acreditaciones.

### **Del Sistema de Tutoría**

**Norma 60.** De acuerdo con los Lineamientos Generales para el Funcionamiento del Posgrado, son atribuciones del Comité Académico, aprobar la incorporación y permanencia de tutores, solicitar al Coordinador del Programa la actualización periódica del padrón de tutores acreditados en el Programa, y vigilar su publicación semestral para información de los alumnos.

El académico que desee incorporarse como tutor en el Programa, deberá solicitarlo al Comité Académico y cumplir con los requisitos establecidos en el Reglamento General de Estudios de Posgrado y en estas normas operativas. La resolución del Comité Académico deberá hacerse del conocimiento del interesado por escrito.

Un tutor podrá ser acreditado exclusivamente para la especialización, la maestría o el doctorado. Un tutor podrá estar acreditado simultáneamente para dos o más planes de estudio.

**Norma 61.** De conformidad con lo establecido en el Reglamento General de Estudios de Posgrado, y en los Lineamientos Generales para el Funcionamiento del Posgrado, los requisitos para ser tutor del Programa son los siguientes:

Para tutores de especialización:

- Contar al menos con el grado de especialista o con la dispensa de grado aprobada por el Comité Académico.
- Estar dedicado a actividades académicas o profesionales relacionadas con el cómputo de alto rendimiento.
- Haber desempeñado actividades docentes, de investigación o profesionales en el cómputo de alto rendimiento por lo menos durante los últimos tres años.

Para tutores de maestría:

- Contar al menos con el grado de maestría o con la dispensa de grado aprobada por el Comité Académico.
- Estar dedicado a actividades académicas o profesionales relacionadas con los campos de conocimiento de la maestría.
- Tener, a juicio del Comité Académico, una producción académica reciente, demostrada por obra publicada o profesional de alta calidad.
- Haber desempeñado actividades docentes, de investigación o profesionales en un área afín a los campos de conocimiento del Programa por lo menos durante los últimos tres años.
- Los candidatos con *perfil académico* deberán tener productividad científica y tecnológica en los últimos dos años, demostrable con artículos arbitrados en revistas de circulación internacional indizadas (al menos un artículo en los últimos dos años). Así como libros y capítulos de libros, artículos *in extenso* en memorias de conferencias arbitradas reconocidas de alto prestigio o edición de publicaciones científicas. Para los de *perfil profesional*, podrán considerarse proyectos de innovación tecnológica, desarrollos tecnológicos terminados, prototipos, patentes y *software* registrados.
- Es deseable haber dirigido tesis de licenciatura o maestría.
- Comprometerse a participar en todas las actividades del programa incluyendo la impartición de cursos, participación en las labores de tutoría, investigación, difusión y en los Subcomités del Programa.
- Es deseable que pertenezcan a un programa de estímulos como el SNI, PRIDE o su equivalente.

Para tutores de doctorado:

- Contar con el grado de doctor o con la dispensa de grado aprobada por el Comité Académico.
- Estar dedicado a actividades académicas o profesionales relacionadas con los campos de conocimiento del doctorado.
- Tener, a juicio del Comité Académico, una producción académica reciente, demostrada por obra publicada o profesional de alta calidad.
- Demostrar actividad académica continua y reciente. Demostrar producción científica independiente. Haber dirigido o codirigido proyectos de investigación científica en un área afín a los campos de conocimiento del Programa. Los candidatos deberán demostrar haber publicado en los últimos tres años por lo menos dos artículos arbitrados en revistas de circulación internacional indizadas. Adicionalmente, se tomarán en cuenta otros productos como, capítulos de libros o libros, y artículos en congresos internacionales arbitrados. Otros tipos de productos podrán ser considerados en el caso de aspectos aplicados y tecnológicos de la investigación científica, con base en su calidad como contribuciones para la solución de problemas con repercusión nacional o internacional, considerando las opiniones de expertos no involucrados o de los propios usuarios de los desarrollos o servicios.
- Haber dirigido tesis de maestría.
- Comprometerse a participar en todas las actividades del programa incluyendo labores de tutoría, investigación, difusión y en los Subcomités del Programa.

- Pertener, preferentemente, a un programa de estímulos como el SNI, PRIDE o su equivalente

**Norma 62.** El Comité Académico tomará en cuenta las necesidades de cada campo de conocimiento en la evaluación de las solicitudes de ingreso de nuevos tutores al Programa. Así como en la evaluación de las solicitudes de cambio de nivel de los tutores de especialización o maestría del Programa.

**Norma 63.** Al inicio de los estudios de especialización y maestría, el Comité Académico asignará a todos los alumnos un tutor, mismo que lo asesorará y orientará durante el primer semestre, en la elección de las actividades del segundo semestre y en la elección del tutor o tutores principales definitivos.

Para la asignación del tutor o tutores principales definitivos el Comité Académico tomará en cuenta la opinión del alumno.

A todos los alumnos inscritos en el doctorado, el Comité Académico les asignará un comité tutor, conformado por al menos tres miembros, uno de los cuales fungirá como tutor principal, quien deberá ser tutor del propio Programa, todos los miembros del comité tutor deberán cumplir con los requisitos para ser tutor de doctorado del Programa. En caso de que se designe más de un tutor principal a un alumno de doctorado el Comité Académico definirá el número de miembros que integrará el comité tutor. Se procurará que los comités tutores se integren con miembros de más de una entidad académica participante o institución externa.

**Norma 64.** De conformidad con lo establecido en el Reglamento General de Estudios de Posgrado el tutor o tutores principales tienen las siguientes funciones:

- Establecer, junto con el alumno, el plan individual de actividades académicas que éste seguirá, de acuerdo con el plan de estudios.
- Dirigir la tesis de grado, realizando reuniones periódicas con el alumno a partir de la aprobación del tema de tesis en el caso de maestría, o en el caso de doctorado a partir de la aprobación del protocolo de investigación y hasta la graduación, o hasta la duración máxima del plan de estudios.
- Supervisar, realizando reuniones periódicas, el trabajo de preparación del examen general de conocimientos, el artículo en revista indizada, la práctica profesional o examen sobre proyecto de investigación doctoral.
- Reunirse con el alumno, para asesorarlo, al menos una vez al mes para el caso de los estudios de especialización, y al menos dos veces al mes para maestría y doctorado.
- Evaluar semestralmente el desempeño global del alumno, tomando en cuenta el cumplimiento del plan individual de actividades académicas.
- Entregar las evaluaciones semestrales en los tiempos establecidos por la Coordinación del Posgrado.

**Norma 65.** De conformidad con lo establecido en el Reglamento General de Estudios de Posgrado las siguientes son funciones del comité tutor:

- Aprobar el plan de trabajo del alumno.
- Asesorar el trabajo del alumno.
- Evaluar semestralmente el avance del plan de trabajo del alumno.

- Proponer al Comité Académico el cambio de un alumno de maestría a doctorado o viceversa, de acuerdo con las normas operativas.
- Determinar, en su caso, si el alumno de doctorado está preparado para optar por la candidatura al grado.
- Proponer la integración del jurado del examen de candidatura al grado de doctor y de examen de grado.
- Entregar en los tiempos establecidos por la Coordinación del Posgrado las evaluaciones de sus alumnos.
- Reunirse con el alumno, para asesorarlo, al menos una vez durante el semestre.

**Norma 66.** Los académicos podrán fungir como tutor principal para un máximo de cinco alumnos incluyendo especialización, maestría y doctorado. Podrán participar como miembros de comités tutores hasta de cinco alumnos. El Comité Académico podrá asignar un mayor número de alumnos a los tutores que cuenten con un índice alto de graduación de alumnos.

**Norma 67.** El Comité Académico con apoyo del Subcomité de Asuntos Académico-Administrativos evaluará periódicamente la labor académica y la participación de los tutores en el Programa mediante la valoración de:

- Evaluaciones de la labor de la docencia o la tutoría por parte de los alumnos.
- El material de apoyo generado por el tutor.
- La graduación de alumnos de especialización, maestría y/o doctorado.
- La productividad académica o profesional del tutor.
- La participación en comités tutores en el caso de tutores de doctorado.
- La participación en los comités y subcomités de apoyo del Programa.
- La participación en las actividades encomendadas por el Comité Académico.
- La entrega de las evaluaciones semestrales correspondientes en los tiempos y formas establecidos por la Coordinación del Posgrado.

**Norma 68.** El Comité Académico con apoyo del Subcomité de Asuntos Académicos Administrativos evaluará la permanencia de los tutores del Programa cada tres años. Para permanecer como tutor del Programa será necesario cumplir con las funciones señaladas en el Reglamento General de Estudios de Posgrado y en estas Normas Operativas, así como con las siguientes condiciones:

Para todos los tutores:

- Cumplir satisfactoriamente con las actividades académicas asignadas por el Comité Académico.
- Participar en los comités y subcomités de apoyo en los que sea requerido por el Comité Académico.
- Mantener una productividad académica continua de acuerdo con lo señalado en los requisitos para ser acreditado como tutor en el nivel de estudios correspondiente.
- Impartir por lo menos un curso cada año. El subcomité de asuntos académicos administrativos evaluará la calidad de los cursos tomando en cuenta las evaluaciones de los alumnos y la valoración del material de apoyo generado por el tutor.

Adicionalmente para tutores de especialización:

- Graduar un alumno de especialización del Programa o participar en una comisión por lo menos cada dos años.

Adicionalmente para tutores de maestría:

- Graduar un alumno de maestría del Programa o participar en una comisión por lo menos cada dos años y medio.

Adicionalmente para tutores de doctorado:

- Graduar un alumno de doctorado del Programa cada cinco años y participar en un comité tutor de un alumno doctoral cada dos años.

Cuando el Comité Académico acuerde dar de baja a un tutor, informará su decisión al interesado. El Comité Académico evaluará las solicitudes de reincorporación al Programa durante el periodo, de evaluación de permanencia de tutores, siguiente a la baja del tutor solicitante.

### **De los requisitos mínimos para ser profesor del Programa y sus funciones**

**Norma 69.** La selección de profesores para la impartición de los cursos del Programa estará a cargo del Comité Académico, a propuesta del Coordinador del mismo. El Comité Académico recomendará la contratación de profesores a los consejos técnicos de las entidades académicas participantes, de acuerdo con el Reglamento General de Estudios de Posgrado y los Lineamientos Generales para el Funcionamiento del Posgrado. Todos los cursos del Programa serán impartidos solamente por tutores o profesores aprobados por el Comité Académico.

**Norma 70.** Los requisitos para ser profesor en alguna de las actividades académicas del Programa son:

- Estar dedicado a actividades docentes, académicas o profesionales relacionadas con alguno de los campos de conocimiento del Programa.
- Contar con el grado de especialista, maestro o doctor o con la dispensa correspondiente, según sea el caso.

**Norma 71.** Las funciones de los profesores de las actividades académicas del Programa son las siguientes:

- Conocer y dominar los contenidos de la o las actividades académicas que impartirá en el plan de estudios.
- Impartir las actividades académicas en las instalaciones específicamente destinadas para ello y en los horarios previamente definidos.
- Evaluar a los alumnos inscritos de conformidad con el programa de la actividad académica respectiva, e informar de los resultados de acuerdo con el procedimiento establecido por el Coordinador del Programa.

## **De los criterios y procedimientos para adicionar, modificar o cancelar campos de conocimiento**

**Norma 72.** La adición, modificación y cancelación de campos de conocimiento deberá ajustarse a los siguientes criterios y procedimientos:

- Las propuestas pueden ser presentadas por el propio Comité Académico, por alguna o varias de las entidades académicas participantes, o por un grupo de tutores adscritos al Programa.
- La solicitud de adición deberá estar acompañada de:
  - Fundamentación y descripción del nuevo campo de conocimiento.
  - Lista de actividades académicas, y para los casos de la especialización y la maestría con su respectivo valor en créditos.
  - Descripción de la estructura y organización de los estudios.
  - Programas de las actividades académicas.
  - Relación tentativa de la plantilla de profesores y tutores.
  - La infraestructura en que se desarrollarían las actividades académicas del nuevo campo de conocimiento.
- La modificación deberá acompañarse de:
  - Fundamentación y descripción del campo de conocimiento.
  - En el caso de modificación interna de actividades académicas, la justificación y los alcances esperados.
  - Lista de actividades académicas, y para el caso de maestría con su respectivo valor en créditos.
  - Los programas de las actividades académicas a modificar.
- La propuesta de cancelación de un campo deberá contener los argumentos que la justifiquen.

El Comité Académico analizará las propuestas de adición, modificación o cancelación, según sea el caso y emitirá una resolución al respecto.

**Norma 73.** Aprobada la propuesta de incorporación o modificación por el Comité Académico, se enviará al Consejo de Estudios de Posgrado para su opinión, y será turnada al Consejo Académico de Área de las Ciencias Físico Matemáticas y de las Ingenierías para que determinen si las modificaciones son menores y sólo requieren de la aprobación del Comité Académico, o si son modificaciones mayores al Programa mismas que deberán contar con la aprobación de los consejos técnicos de las entidades académicas participantes en el Programa. Con la aprobación de este cuerpo colegiado se remitirá al Consejo Académico de Área de las Ciencias Físico Matemáticas y de las Ingenierías para su estudio, y en su caso aprobación final.

**Norma 74.** Para el caso de cancelación de un campo de conocimiento, una vez aprobada la propuesta, el Comité Académico la turnará al Consejo de Estudios de Posgrado para su opinión, quien a su vez la remitirá al Consejo Académico del Área de las Ciencias Físico

Matemáticas y de las Ingenierías para su aprobación final, y se informará a las instancias pertinentes.

### **De los mecanismos y criterios para la evaluación y actualización del plan o planes de estudios que conforman el Programa**

**Norma 75.** De conformidad con lo establecido en el Reglamento General de Estudios de Posgrado y en los Lineamientos Generales para el Funcionamiento del Posgrado, la evaluación integral del Programa deberá:

- Realizarse al menos cada cinco años.
- Ser organizada por el Comité Académico del Programa.
- Ser conducida por el Coordinador del Programa.

Dicha evaluación deberá tener en cuenta los criterios de la “Guía de autoevaluación para los programas de posgrado de la UNAM”, así como los establecidos en el rubro de evaluación de este Programa, adicionalmente, si es el caso, considerar otros criterios aprobados por el Consejo de Estudios de Posgrado.

En la Coordinación de Estudios de Posgrado se proporcionará dicha Guía, así como la asesoría necesaria para la evaluación del Programa.

Una vez concluida la evaluación, el Comité Académico informará de los resultados al Consejo de Estudios de Posgrado y al Consejo Académico del Área de las Ciencias Físico Matemáticas y de las Ingenierías.

**Norma 76.** Para actualizar los contenidos (cambio en contenidos temáticos y bibliografía) de los programas de las actividades académicas del plan o planes de estudio se deberá seguir el siguiente procedimiento:

- Las propuestas pueden ser presentadas por los académicos que impartan las actividades académicas a actualizar.
- La propuesta deberá ser presentada al Comité Académico, e incluirá la justificación y el programa propuesto para la actividad académica a actualizar.
- El Comité Académico evaluará dicha propuesta y su congruencia con las demás actividades académicas impartidas en el plan de estudios.
- El Comité Académico emitirá su resolución.

De aprobarse la actualización de contenidos de uno o más programas de actividades académicas, el Coordinador del Programa deberá notificarlo al Consejo de Estudios de Posgrado.

En caso de que las actualizaciones a los contenidos se hayan realizado en más del 50% de los programas de las actividades académicas del plan de estudios, el Consejo de Estudios de Posgrado remitirá el proyecto de modificación al Consejo Académico del Área de las Ciencias Físico Matemáticas y de las Ingenierías para su estudio y aprobación en su caso, informándolo a las instancias pertinentes.

### **De los criterios y procedimientos para modificar las normas operativas**

**Norma 77.** Para la modificación de las presentes normas operativas se deberá llevar a cabo el siguiente procedimiento:

- a) El Comité Académico elaborará la propuesta de modificación que considere las disposiciones establecidas para tal efecto en el Reglamento General de Estudios de Posgrado y en los Lineamientos Generales para el Funcionamiento del Posgrado;
- b) El Comité Académico turnará la propuesta al Consejo de Estudios de Posgrado, para su opinión;
- c) En sesión plenaria el Comité Académico, tomando en cuenta la opinión del Consejo de Estudios de Posgrado, aprobará la modificación de las normas operativas del Programa, y
- d) El Coordinador del Programa lo notificará al Consejo de Estudios de Posgrado, a la Dirección General de Administración Escolar y al Consejo Académico del Área de las Ciencias Físico Matemáticas y de las Ingenierías.

### **Transitorios**

Cualquier situación académica no prevista en estas Normas será resuelta por el Comité Académico.

### **Anexos**

#### **Anexo 1. Acta de aprobación del Consejo o Comité Académico Respectivo**

Carta del Consejo Técnico de la Investigación Científica.

Carta del Consejo Técnico de la Facultad de Ciencias.

Carta del Consejo Interno del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas.

Carta del Consejo Interno del Instituto de Geofísica.

Carta del Consejo Interno del Instituto de Astronomía.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

CONSEJO TÉCNICO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

OFICIO/CJIC/CTIC/1218/2014



RECIBIDO

14 JUN 20 11:30

UNAM  
I.M.A.S.

**Q. Juana Kuri Labarthe**  
**Coordinadora**  
**Unidad Coordinadora de Apoyo a los**  
**Consejos Académicos de Área.**  
**Presente**

Me es muy grato comunicarle que el Consejo Técnico de la Investigación Científica, en su sesión ordinaria del 29 de mayo del presente año, decidió aprobar por unanimidad el Proyecto de Creación del Programa de Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento (CAR), que presentan los Institutos de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, Astronomía, Física, Geofísica y la Facultad de Ciencias.

Como entidades académicas invitadas se encuentran el Instituto de Ciencias Nucleares, el Centro de Ciencias de la Atmósfera, el Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, la Facultad de Ingeniería, la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán y la Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación (DGTIC).

Se entiende por cómputo de Alto Rendimiento al diseño e implementación de sistemas multiprocesamiento con varios mecanismos de comunicación entre procesos y procesadores con el objeto de procesar información de manera eficiente. Esta especialidad se propone para generar un marco de extensión universitaria a profesionistas interesados en usar al Cómputo de Alto Rendimiento de manera educada y con elementos necesarios para discernir entre implementaciones eficientes, siempre en sus áreas de interés y experiencia.

Existe en el país, y en particular en la UNAM, una enorme necesidad de Cómputo de Alto Rendimiento: la tendencia a integrar las tecnologías a la investigación científica es cada día más grande, al punto que diversos expertos en el área la consideran irreversible. Sin embargo, a la fecha no se cuenta con un programa formal de estudios que permita que quienes se enfrentan al desarrollo y aplicación del Cómputo de Alto Rendimiento puedan realizar esta labor de una manera más adecuada, ya que normalmente enfrentan serias limitaciones conceptuales, metodológicas y tecnológicas en la producción de sistemas de software paralelo de alto rendimiento.

El objetivo general del programa es formar y actualizar a los egresados de diversas licenciaturas para generar especialistas que logren profundizar los conocimientos en la aplicación de la metodología y análisis de sistemas de Cómputo de Alto

1/3

TELS: 5622 4164•58•74 FAX: 5622 41 65 E-mail: ctic@unam.mx

Rendimiento a problemas inherentes a su área de ejercicio profesional. Dada la naturaleza interdisciplinaria de la Especialidad y con base a la extensión universitaria, se propone que este Programa solo contenga un campo de conocimiento con la flexibilidad de incursionar en temas cercanos a las necesidades que requiera cubrir en su área de estudio principal. La formación del egresado será con bases sólidas de diversas herramientas metodológicas para el estudio del Cómputo de Alto Rendimiento.

Contar con una especialización de este tipo, tendrá repercusiones en el desarrollo de sistemas a gran escala para la industria y sectores que requieran el procesamiento de grandes cantidades de datos.

La Comisión de Posgrado del Consejo Técnico de la Investigación Científica sostuvo una reunión de trabajo con el Dr. Héctor Benítez Pérez Director del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas y con el Dr. Jorge Luis Ortega Arjona, Coordinador del Programa de Posgrado en Ciencias e Ingeniería de la Computación, quienes expusieron el programa y contestaron diferentes preguntas.

Como resultado de esa reunión, se identificaron varias sugerencias que fueron notificadas formalmente al Dr. Benítez:

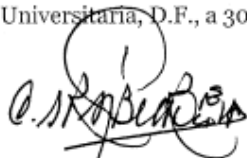
1. Formalizar la participación del Instituto de Física como parte de las entidades académicas participantes.
2. Proponer objetivos cuantificables eliminando calificativos cualitativos.
3. Mejorar la redacción y la argumentación del Resumen Ejecutivo.
4. Proponer otro término en lugar de "Introducción" dentro del mapa curricular.
5. Enfatizar en el texto del documento el mercado laboral externo, haciendo notar que no es para atender principalmente las necesidades de la UNAM.
6. Sustituir en el documento los párrafos donde se señala que esta especialización es un área de servicio, en lugar de un área de estudio.
7. Definir la conformación del Comité Académico.
8. Aclarar lo relativo a la asignación de dos tutores por estudiante en el seminario. En particular, cómo se resolverá la demanda de tutores y de dónde provendrán estos.
9. Señalar como se puede conectar esta especialización con otros niveles de estudio, tanto inferior como superior.

Cabe hacer notar que todas las recomendaciones fueron atendidas en la nueva versión del documento de presentación del Programa. De todas ellas, merecen mención las dos últimas, en las que se especifica ahora que será un solo tutor el que supervise al estudiante y que la Especialidad puede ser una modalidad de titulación cuando lo permita el plan de estudios de una licenciatura, así como que los créditos pueden ser tomados como equivalentes en la Maestría en Ciencias e Ingeniería de la Computación de la UNAM.

Con base en lo anterior, el H. Consejo Técnico de la Investigación Científica considera que se trata de una iniciativa de gran relevancia para la UNAM y para el país, por lo que le agradeceré turnarla a las instancias universitarias correspondientes.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Ciudad Universitaria, D.F., a 30 de mayo de 2014.



DR. CARLOS ARÁMBURO DE LA HOZ  
Presidente del Consejo Técnico de la Investigación Científica

Se anexa CD e informe de la Comisión de Posgrado del CTIC

ACTA 1466

CAH/BCM/mec



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
CONSEJO TÉCNICO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA



Dr. Carlos Arámburo de la Hoz.  
Presidente del Consejo Técnico de la Investigación Científica  
Presente.

La Comisión de Posgrado del Consejo Técnico de la Investigación Científica (CTIC), revisó en una sesión en pleno, la propuesta del "Programa de Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento", así como el Resumen Ejecutivo de dicha especialización. En esa ocasión se recibió al Director del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS), Dr. Héctor Benítez Pérez y al Dr. Jorge Luis Ortega Arjona, Coordinador del Programa de Posgrado en Ciencias e Ingeniería en Computación, quienes hicieron su presentación y respondieron varias preguntas.

Con el objetivo de sustentar la opinión que esta Comisión emite ahora al pleno del Consejo Técnico de la Investigación Científica, se retoman aspectos importantes que contextualizan la propuesta objeto de este informe, y que a continuación se presentan.

En los últimos años, el cómputo de alto rendimiento ha impactado fuertemente el desarrollo de la ciencia y la tecnología. La necesidad de alcanzar un rendimiento óptimo en el cálculo numérico ha conducido a replantear, de manera interdisciplinaria, los paradigmas del modelado matemático y la definición de la paralelización de procesos computacionales. Actualmente, se requiere la concurrencia de expertos en distintas áreas de la Matemática, Física, Ingeniería y las Ciencias de la Computación para que, de manera transversal, puedan determinar modelos algorítmicos que funcionen de manera óptima con un diseño de paralelización específico.

Hoy en día, el cómputo de alto rendimiento se ha convertido en una herramienta indispensable para el desarrollo de diversas áreas de la ciencia, desde el cálculo de condiciones ambientales, el modelado de sistemas de flujo, el transporte de partículas en medios difusos, hasta la simulación de procesos sociales. En este sentido, la diversidad de áreas plantea la adopción de varios enfoques en términos del procesamiento de la información, que van desde la división de datos para replicar el procesamiento, el manejo de memoria común y compartida, el manejo de la concurrencia, el manejo de la sincronización, tanto espacial como temporal, hasta el replanteamiento de la solución que implique un manejo del problema en ambientes distribuidos.

Se entiende por cómputo de alto rendimiento al diseño e implementación de sistemas multiprocesamiento con varios mecanismos de comunicación entre procesos y procesadores, con el objeto de procesar información de manera eficiente. A su vez, una aplicación de cómputo de alto rendimiento es un "sistema de software que se diseña e implementa para ejecutarse sobre una plataforma con múltiples procesadores y medios de

---

TELS: 5622 4164•58•74 FAX: 5622 41 65 E-mail: ctic@unam.mx

comunicación (normalmente heterogéneo), que permite la resolución de un problema con una buena relación costo/beneficio”.

Existe en el país una enorme necesidad de cómputo de alto rendimiento, tanto en el sector académico, como en el empresarial y el gubernamental. Sin embargo, a la fecha no se cuenta con un programa formal de estudios que permita que quienes se enfrentan a la solución de problemas que requieran de la aplicación del cómputo de alto rendimiento puedan realizar esta labor de una manera más adecuada y eficiente. Esto se debe a que normalmente se enfrentan limitaciones conceptuales, metodológicas y tecnológicas durante el desarrollo de sistemas de software paralelo de alto rendimiento. Como resultado, en la mayoría de los casos se llega a sistemas poco confiables, poco adaptables, y en general, de baja calidad y rendimiento, difíciles de mejorar, escalar o evolucionar.

Ante una clara demanda por personal calificado en esta área en franco crecimiento, es necesario contar con una especialización que forme los profesionales para ese mercado laboral, actualmente atendido en forma parcial por personal sin los conocimientos ni las bases metodológicas adecuadas.

El objetivo general del programa es formar y actualizar a los egresados de diversas licenciaturas para generar especialistas que logren profundizar los conocimientos en la aplicación de la metodología y análisis de sistemas de cómputo de alto rendimiento a problemas inherentes a su área de ejercicio profesional.

Se propone esta especialidad para generar un marco de extensión universitaria a profesionistas interesados en usar al cómputo de alto rendimiento de manera educada y con elementos necesarios para discernir entre implementaciones eficientes, siempre en sus áreas de interés y experiencia.

Como resultado de esa reunión, se identificaron varias sugerencias que fueron notificadas formalmente al Dr. Benítez para su consideración. Estas fueron:

Formalizar la participación del Instituto de Física como parte de las entidades académicas participantes.

Proponer objetivos cuantificables eliminando calificativos cualitativos

Mejorar la redacción y la argumentación del Resumen Ejecutivo.

Proponer otro término en lugar de “Introducción” dentro del mapa curricular.

Enfatizar en el texto del documento el mercado laboral externo, haciendo notar que no es para atender principalmente las necesidades de la UNAM.

Sustituir en el documento los párrafos donde se señala que esta especialización es un área de servicio, en lugar de un área de estudio.

Definir la conformación del Comité Académico.

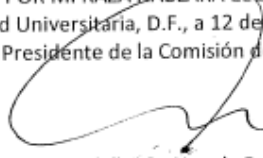
Aclarar lo relativo a la asignación de dos tutores por estudiante en el seminario. En particular cómo se resolverá la demanda de tutores y de dónde provendrán estos.

Señalar como se puede conectar esta especialización con otros niveles de estudio, tanto inferior como superior.

Todas las recomendaciones fueron atendidas en la nueva versión del documento de presentación del Programa, con los ajustes correspondientes. De todas ellas, merecen mención las dos últimas, en las que se especifica ahora que será un solo tutor el que supervise al estudiante y que la Especialidad puede ser una modalidad de titulación cuando lo permita el plan de estudios de una licenciatura, así como que los créditos pueden ser tomados como equivalentes en la Maestría en Ciencias e Ingeniería de la Computación de la UNAM.

Con base en lo anterior, la Comisión de Posgrado del Consejo Técnico de la Investigación Científica recomienda al pleno de este Consejo, aprobar el Programa de Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Ciudad Universitaria, D.F., a 12 de mayo de 2014  
El Presidente de la Comisión de Posgrado



Dr. Adalberto Noyola Robles



Dra. Rosaura Ruiz Gutiérrez



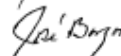
Dr. Iván Ortega Blake



Dra. Ana Ma. Martínez Vázquez



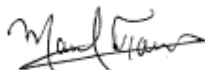
Dra. Elva G. Escobar Briones



Dr. José Bargas Díaz



Dr. José Antonio Seade Kuri



Dr. Manuel Torres Labansat



Dr. Juan R. Riesgo Escovar



Dr. Ramsés H. Mena Chávez



Dra. Susana A. Magallón Puebla



**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CONSEJO TÉCNICO**

**OFICIO FCIE/CT/ 065 /14**

**ASUNTO:** *Especialización en  
Cómputo de Alto Rendimiento*

**DR. HÉCTOR BENITEZ PÉREZ**

*Director del Instituto de Investigaciones en  
Matemáticas Aplicadas y en Sistemas*

**Presente**

El Consejo Técnico, en su sesión ordinaria del 16 de enero de 2014, aprobó que la Facultad de Ciencias sea una entidad participante en el Programa de Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento.

Sin otro particular por el momento, aprovecho la oportunidad para hacerle llegar un cordial saludo.

**Atentamente**

**"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"**

**Cd. Universitaria, D.F., a 17 de enero de 2014.**

**LA PRESIDENTA DEL CONSEJO TÉCNICO**

**DRA. ROSAURA RUIZ GUTIÉRREZ**

*RRG/CESF'agi*



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN  
MATEMÁTICAS APLICADAS Y EN SISTEMAS**

**DR. CARLOS ARÁMBURO DE LA HOZ**  
Coordinador de la Investigación Científica  
Presente

En su sesión ordinaria del 4 de diciembre de 2013, el Consejo Interno del IIMAS revisó y aprobó la propuesta de creación del Programa de Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento; proyecto cuyos antecedentes se remontan al 2007. En la actualidad el Cómputo de Alto Rendimiento ha alcanzado suficiente madurez como para permitir esta ambiciosa propuesta, innovadora y dirigida a un número creciente de estudiantes que no tienen al cómputo como tema principal de estudio en sus licenciaturas, pero que están formados en algún programa de estudios de posgrado que responde a las necesidades de especialización en este ámbito.

En conclusión, el Consejo Interno asume la pertinencia de que el Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas sea una de las entidades participantes en dicho programa, toda vez que las autoridades pertinentes den su aprobación definitiva.

***Atentamente***

Ciudad Universitaria, D.F., a 15 de enero de 2014.  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
El Consejo Interno del IIMAS

**DR. HÉCTOR BENÍTEZ PÉREZ**  
PRESIDENTE

**DR. PEDRO J. ACEVEDO CONTLA**

**DR. ALBERTO CONTRERAS CRISTÁN**



DR. CARLOS DÍAZ ÁVALOS



DR. GILBERTO FLORES GALLEGOS



DR. CARLOS GERSHENSON GARCÍA



DRA. LETICIA MAYER CELIS



DR. RAMSÉS MENA CHÁVEZ



DR. MARIO PEÑA CABRERA



DR. JAVIER ROSENBLUETH LAGUETTE




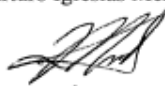
**DR. CARLOS ARÁMBURO DE LA HOZ**  
**COORDINADOR DE LA**  
**INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA,**  
Presente.

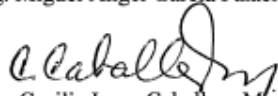
El Consejo Interno del Instituto de Geofísica, en su sesión ordinaria del 17 de enero de 2014, acordó aprobar la propuesta de la Creación de un *Programa de Especialización en Cómputo de Alto Rendimiento* como entidad participante.


Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Ciudad Universitaria, D. F., a 17 de enero de 2014.

EL CONSEJO INTERNO

  
Dr. Arturo Iglesias Mendoza

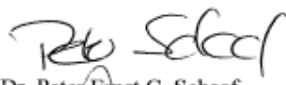
  
Ing. Miguel Ángel García Palacios

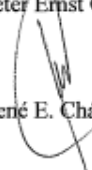
  
Dra. Cecilia Irene Caballero Miranda

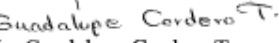
  
Dr. Rogelio A. Caballero López

  
Dr. David Riveros Rosas

  
Dr. Ernesto Aguilar Rodríguez

  
Dr. Peter Ernst G. Schaaf

  
Dr. René E. Chávez Segura

  
Dra. Ma. Guadalupe Cordero Tercero

  
Dr. Ramiro Rodríguez Castillo

  
Dr. Denis Xavier Francois Legrand

  
Dr. Allen Leroy Husker



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE  
MEXICO

INSTITUTO DE ASTRONOMIA  
OBSERVATORIO ASTRONOMICO NACIONAL

Circuito Exterior, Ciudad Universitaria Apdo. Postal 70-264, C.P. 04510, México, D.F.  
Conmutador: 56-22-39-06 al 08, Fax: 56-16-06-53  
Dirección: 56-16-14-12 56-22-43-89 Fax: 56-22-39-03 Secretaría Académica: 56-22-40-08  
www.astroscu.unam.mx

DIRECCION  
Oficio núm. IAST/DIR/798/19-14

**DR HECTOR BENITEZ PEREZ**

Director  
I.I.M.A.S.  
U.N.A.M.

P r e s e n t e

Estimado Dr. Benítez:

Es un placer comunicarle que como resultado de la información que Usted y sus colaboradores presentaron al Consejo Interno del Instituto de Astronomía, el Instituto apoya plenamente *la propuesta de la creación de la Especialización en Computo en Alto Rendimiento en nuestra Universidad.*

El Consejo Interno aprobó la adhesión del instituto de Astronomía a esta propuesta como entidad participante, e hizo ya algunas observaciones que estoy seguro serán tomadas en cuenta. Del mismo modo, turnó la información al Comité Académico del Posgrado en Astrofísica, quien después de estudiarla también se manifestó a favor, como consta en el Acta de su reunión del 10 de febrero, que le hice llegar.

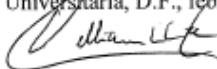
Estamos seguros de que la creación de este programa será de provecho para los estudiantes, las entidades participantes y la Universidad en su conjunto.

Aprovecho para enviarle un cordial saludo, y estoy a sus órdenes para cualquier aclaración.

Sin más por el momento, queda de Usted

Atentamente

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPIRITÚ”  
Cd. Universitaria, D.F., febrero 27 de 2014



**DR. WILLIAM LEE**  
Director

gcp\*

## **Anexo 2. Acta de opinión favorable del Consejo de Estudios de Posgrado**

### Anexo 3. Lista de tutores y profesores acreditados

<b>ENTIDAD ACADÉMICA DE ADSCRIPCIÓN INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN MATEMÁTICAS APLICADAS Y EN SISTEMAS</b>			
<b>NOMBRE DEL TUTOR/PROFESOR ACREDITADO</b>	<b>NOMBRAMIENTO ACADÉMICO</b>	<b>NIVEL ACADÉMICO</b>	<b>NIVEL DE PRIDE Y DEL SNI</b>
DEMETRIO FABIAN GARCÍA NOCETTI	INVESTIGADOR TITULAR B	DOCTORADO	C
ERNESTO RUBIO ACOSTA	TÉCNICO ACADÉMICO TITULAR B	DOCTORADO	C
ADRIÁN DURÁN CHAVESTI	TÉCNICO ACADÉMICO ASOCIADO C	LICENCIATURA	C
NELSON DEL CASTILLO COLLAZO	TÉCNICO ACADÉMICO TITULAR A	MAESTRO EN CIENCIAS	C
HÉCTOR BENÉTEZ PÉREZ	INVESTIGADOR TITULAR B	DOCTORADO	D Y II
JULIO SOLANO GONZÁLEZ	INVESTIGADOR TITULAR B	DOCTORADO	C
ARTURO OLVERA CHÁVEZ	INVESTIGADOR TITULAR A	DOCTORADO	C Y I
RAMÓN GABRIEL PLAZA VILLEGAS	INVESTIGADOR TITULAR A	DOCTORADO	C Y II
PABLO BARBERIS BLOSTEIN	INVESTIGADOR TITULAR A	DOCTORADO	C Y I
<b>ENTIDAD ACADÉMICA DE ADSCRIPCIÓN INSTITUTO DE GEOFÍSICA</b>			
<b>NOMBRE DEL TUTOR/PROFESOR ACREDITADO</b>	<b>NOMBRAMIENTO ACADÉMICO</b>	<b>NIVEL ACADÉMICO</b>	<b>NIVEL DE PRIDE Y DEL SNI</b>
GUILLERMO DE J. HERNÁNDEZ GARCÍA	TÉCNICO ACADÉMICO TITULAR B	DOCTORADO	C
LUIS MIGUEL DE LA CRUZ SALAS	TÉCNICO ACADÉMICO TITULAR B	DOCTORADO	B
GRACIELA DEL SOCORRO HERRERA ZAMARRÓN	INVESTIGADOR TITULAR A	DOCTORADO	C Y I
ISMAEL HERRERA REVILLA	INVESTIGADOR EMÉRITO	DOCTORADO	EMÉRITO
NORBERTO C. VERA GUZMÁN	TÉCNICO ACADÉMICO TITULAR A	DOCTORADO	C
VALA HJÖRLEIFSDÓTTIR	INVESTIGADOR ASOCIADO C	DOCTORADO	B Y I
VÍCTOR MANUEL CRUZ ATIENZA	INVESTIGADOR TITULAR A	DOCTORADO	C Y I
<b>ENTIDAD ACADÉMICA DE ADSCRIPCIÓN FACULTAD DE CIENCIAS</b>			
<b>NOMBRE DEL TUTOR/PROFESOR ACREDITADO</b>	<b>NOMBRAMIENTO ACADÉMICO</b>	<b>NIVEL ACADÉMICO</b>	<b>NIVEL DE PRIDE Y DEL SNI</b>
JORGE LUIS ORTEGA ARJONA	PROFESOR TITULAR B	DOCTORADO	D Y I
ANTONIO CARRILLO LEDESMA	TÉCNICO ACADÉMICO TITULAR A	DOCTORADO	
<b>ENTIDAD ACADÉMICA DE ADSCRIPCIÓN INSTITUTO DE ASTRONOMÍA</b>			
CHRISTOPHE MORISSET	INVESTIGADOR TITULAR B	DOCTORADO	C Y II
DIEGO LÓPEZ CÁMARA RAMÍREZ	INVESTIGADOR DE CÁTEDRA-CONACyT	DOCTORADO	I
MARGARITA EUGENIA DEL SOCORRO ROSADO SOLÍS	INVESTIGADOR TITULAR C	DOCTORADO	D Y II
JOSÉ OCTAVIO VALENZUELA TIJERINO	INVESTIGADOR TITULAR A	DOCTORADO	C Y I

BÁRBARA SALÉN PICHARDO SILVA	INVESTIGADOR TITULAR A	DOCTORADO	D Y II
<b>ENTIDAD ACADÉMICA DE ADSCRIPCIÓN INSTITUTO DE FÍSICA</b>			
<b>NOMBRE DEL TUTOR/PROFESOR ACREDITADO</b>	<b>NOMBRAMIENTO ACADÉMICO</b>	<b>NIVEL ACADÉMICO</b>	<b>NIVEL DE PRIDE Y DEL SNI</b>
CARLOS ERNESTO LÓPEZ NATARÉN	TÉCNICO ACADÉMICO ASOCIADO C	MAESTRÍA	C
ANA CECILIA NOGUEZ GARRIDO	INVESTIGADORA TITULAR C	DOCTORADO	D Y 3
<b>ENTIDAD ACADÉMICA DE ADSCRIPCIÓN INSTITUTO DE CIENCIAS NUCLEARES</b>			
<b>NOMBRE DEL TUTOR/PROFESOR ACREDITADO</b>	<b>NOMBRAMIENTO ACADÉMICO</b>	<b>NIVEL ACADÉMICO</b>	<b>NIVEL DE PRIDE Y DEL SNI</b>
LUKAS NELLEEN FILLA	INVESTIGADOR TITULAR A	DOCTORADO	I
ALEJANDRO RAGA RASMUSSEN	INVESTIGADOR TITULAR C	DOCTORADO	III
<b>ENTIDAD ACADÉMICA DE ADSCRIPCIÓN DIRECCIÓN GENERAL DE CÓMPUTO Y DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN</b>			
<b>NOMBRE DEL TUTOR/PROFESOR ACREDITADO</b>	<b>NOMBRAMIENTO ACADÉMICO</b>	<b>NIVEL ACADÉMICO</b>	<b>NIVEL DE PRIDE Y DEL SNI</b>
MARÍA DEL CARMEN RAMOS NAVA	TÉCNICO ACADÉMICO ASOCIADO C	LICENCIATURA	
ALFREDO SANTILLÁN GONZÁLEZ	INVESTIGADOR TITULAR B	DOCTORADO	
JOSE LUIS GORDILLO	TÉCNICO ACADÉMICO TITULAR A	MAESTRO EN CIENCIA DE LA COMPUTACIÓN	
<b>ENTIDAD ACADÉMICA DE ADSCRIPCIÓN FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES-CUAUTITLÁN</b>			
<b>NOMBRE DEL TUTOR/PROFESOR ACREDITADO</b>	<b>NOMBRAMIENTO ACADÉMICO</b>	<b>NIVEL ACADÉMICO</b>	<b>NIVEL DE PRIDE Y DEL SNI</b>
SUEMI RODRÍGUEZ ROMO	PROFESORA TITULAR C	DOCTORADO	D Y II

## **Anexo 4. Bases de colaboración**

### Anexo 5. Síntesis curricular de tutores y profesores

ENTIDAD INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN MATEMÁTICAS APLICADAS Y EN SISTEMAS						
SÍNTESIS CURRICULAR						
NOMBRE DEL TUTOR	ÚLTIMO GRADO ACADÉMICO	INSTITUCIÓN QUE LO OTORGA	NOMBRAMIENTO	LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	PRIDE	SNI
HÉCTOR BENÍTEZ PÉREZ	DOCTORADO	UNIVERSIDAD DE SHEFFIELD	INVESTIGADOR TITULAR B	CONTROL SOBRE REDES, CONTROL INTELIGENTE, SISTEMAS DISTRIBUIDOS, SISTEMAS EN TIEMPO REAL.	D	II
D. FABIÁN GARCÍA NOCETTI	DOCTORADO	UNIVERSIDAD DE WALES	INVESTIGADOR TITULAR B	PROCESAMIENTO PARALELO, PROCESAMIENTO DE SEÑALES, SISTEMAS EN TIEMPO REAL.	C	
JULIO SOLANO GONZÁLEZ	DOCTORADO	UNIVERSIDAD DE WALES	INVESTIGADOR TITULAR B	PROCESAMIENTO DE SEÑALES, SISTEMAS BIOMÉDICOS, PROCESAMIENTO PARALELO.	C	
ERNESTO RUBIO ACOSTA	DOCTORADO	UNAM	TÉCNICO ACADÉMICO TITULAR B	PROCESAMIENTO DE SEÑALES, PROCESAMIENTO PARALELO.	C	
ADRIÁN DURÁN CHAVESSTI	LICENCIATURA	IPN	TÉCNICO ASOCIADO C	SISTEMAS EN TIEMPO REAL, SISTEMAS DE ALTO RENDIMIENTO.	C	
NELSON DEL CASTILLO COLLAZO	MAESTRÍA EN CIENCIAS	UNIVERSIDAD INTERAMERICANA PARA EL DESARROLLO	TÉCNICO ACADÉMICO TITULAR A	SISTEMAS PARALELOS.	C	
ARTURO OLVERA CHÁVEZ	DOCTORADO	UNAM	INVESTIGADOR TITULAR A	CÓMPUTO DE ALTO RENDIMIENTO, MODELADO DE SISTEMAS FÍSICOS.	C	I
PABLO BARBERIS BLOSTEIN	DOCTORADO	UNIVERSIDAD FEDERAL DE RÍO DE JANEIRO	INVESTIGADOR TITULAR A	SISTEMAS DE ALTO RENDIMIENTO, MODELADO DE SISTEMAS CUÁNTICOS.	C	I
RAMÓN GABRIEL PLAZA VILLEGAS	DOCTORADO	CIMS, NYU	INVESTIGADOR TITULAR A	SISTEMAS DE ALTO RENDIMIENTO, MODELADO DE SISTEMAS FÍSICOS.	C	II
ENTIDAD FACULTAD DE CIENCIAS						
SÍNTESIS CURRICULAR						
NOMBRE DEL TUTOR	ÚLTIMO GRADO ACADÉMICO	INSTITUCIÓN QUE LO OTORGA	NOMBRAMIENTO	LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	PRIDE	SNI
JORGE LUIS ORTEGA ARJONA	DOCTORADO	UNIVERSIDAD DE LONDRES	PROFESOR TITULAR B	PROCESAMIENTO PARALELO, SISTEMAS DE PATRONES, SISTEMAS DISTRIBUIDOS.	D	I
ANTONIO CARRILLO LEDESMA	DOCTORADO	UNAM	TÉCNICO ACADÉMICO TITULAR A	ANÁLISIS NUMÉRICO.		

ENTIDAD INSTITUTO DE GEOFÍSICA SÍNTESIS CURRICULAR						
NOMBRE DEL TUTOR	ÚLTIMO GRADO ACADÉMICO	INSTITUCIÓN QUE LO OTORGA	NOMBRAMIENTO	LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	PRIDE	SNI
GUILLERMO DE J. HERNÁNDEZ GARCÍA	DOCTORADO	UNAM	TÉCNICO ACADÉMICO TITULAR B	MODELACIÓN MATEMÁTICA.	C	
LUIS MIGUEL DE LA CRUZ SALAS	DOCTORADO	UNAM	TÉCNICO ACADÉMICO TITULAR B	CÓMPUTO CIENTÍFICO.	B	
GRACIELA DEL SOCORRO HERRERA ZAMARRÓN	DOCTORADO	UNIVERSITY OF VERMONT	INVESTIGADOR TITULAR A	MODELACIÓN MATEMÁTICA.	C	I
ISMAEL HERRERA REVILLA	DOCTORADO	BROWN UNIVERSITY	INVESTIGADOR EMÉRITO	MODELACIÓN MATEMÁTICA.	EMÉRITO	INE*
NORBERTO C. VERA GUZMAN	DOCTORADO	UNAM	TÉCNICO ACADÉMICO TITULAR A	MODELACIÓN MATEMÁTICA.	C	
VALA HJÖRLEIFSDÓTTIR	DOCTORADO	CALIFORNIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY	INVESTIGADOR ASOCIADO C	SISMOLOGÍA.	B	I
VÍCTOR MANUEL CRUZ ATIENZA	DOCTORADO	UNIVERSITÉ DE NICE SOPHIA - ANTIPOLIS, FRANCE	INVESTIGADOR TITULAR A	MODELADO COMPUTACIONAL DE LA DINÁMICA DE TERREMOTOS ; INVERSIÓN MULTIPARAMÉTRICA CON MÉTODOS HEURÍSTICOS DE LA DINÁMICA DE TERREMOTOS; LOCALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE TREMORES TECTÓNICOS; DETERMINACIÓN DE LA ESTRUCTURA CORTICAL.	C	I

\*Investigador Nacional de Excelencia.

<b>ENTIDAD INSTITUTO DE ASTRONOMÍA</b>						
<b>SÍNTESIS CURRICULAR</b>						
<b>NOMBRE DEL TUTOR</b>	<b>ÚLTIMO GRADO ACADÉMICO</b>	<b>INSTITUCIÓN QUE LO OTORGA</b>	<b>NOMBRAMIENTO</b>	<b>LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>PRIDE</b>	<b>SNI</b>
CHRISTOPHE MORISSET	DOCTORADO	UNIVERSIDAD DE PARÍS	INVESTIGADOR TITULAR B	ESTUDIO TEÓRICO DE NEBULOSAS IONIZADAS (REGIONES HII, GALAXIAS HII, NEBULOSAS PLANETARIAS).	C	2
DIEGO LÓPEZ CÁMARA RAMÍREZ	DOCTORADO	UNAM	INVESTIGADOR DE CÁTEDRA-CONACyT	HIDRODINÁMICA, SIMULACIONES NUMÉRICAS, ASTROFÍSICA DE ALTAS ENERGÍAS, DESTELLOS DE RAYOS GAMMA (GRBS).		I
MARGARITA EUGENIA DEL SOCORRO ROSADO SOLÍS	DOCTORADO	UNIVERSIDAD DE PARÍS	INVESTIGADOR TITULAR C	DINÁMICA DEL MEDIO INTERESTELAR EN GALAXIAS. INTERACCIONES DE GALAXIAS.	D	III
JOSÉ OCTAVIO VALENZUELA TIJERINO	DOCTORADO	UNIVERSIDAD DEL ESTADO DE NUEVO MEXICO, E.U.A.	INVESTIGADOR TITULAR A	FORMACIÓN DE GALAXIAS Y ESTRUCTURA CÓSMICA. SIMULACIONES DE N-CUERPOS.	C	I
BÁRBARA SALÉN PICHARDO SILVA	DOCTORADO	UNAM	INVESTIGADOR TITULAR A	DINÁMICA GALÁCTICA.	D	II

<b>ENTIDAD INSTITUTO DE FÍSICA</b>						
<b>SÍNTESIS CURRICULAR</b>						
<b>NOMBRE DEL TUTOR</b>	<b>ÚLTIMO GRADO ACADÉMICO</b>	<b>INSTITUCIÓN QUE LO OTORGA</b>	<b>NOMBRAMIENTO</b>	<b>LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>PRIDE</b>	<b>SNI</b>
CARLOS ERNESTO LÓPEZ NATARÉN	MAESTRÍA	UNIVERSIDAD ANAHUAC	TÉCNICO ACADÉMICO ASOCIADO C	CÓMPUTO DE ALTO RENDIMIENTO.	C	
ANA CECILIA NOGUEZ GARRIDO	DOCTORADO	UNAM	INVESTIGADORA TITULAR C	FÍSICA TEORICA Y COMPUTACIONAL.	D	III