

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA  
DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA**

**POSGRADO EN OPTIMIZACIÓN  
JUSTIFICACIÓN**

**17 DE NOVIEMBRE DE 2011**

## **JUSTIFICACIÓN**

## RESUMEN

La propuesta para la creación del Posgrado en Optimización incluye los niveles de Maestría y Doctorado.

Para el caso del nivel de Maestría, los objetivos son formar profesionales de alto nivel capaces de identificar problemas de optimización, desarrollar modelos matemáticos y seleccionar técnicas adecuadas para resolverlos, así como interpretar los resultados obtenidos, además de desarrollar habilidades que les permitan iniciar o continuar actividades de investigación.

En el nivel de Doctorado, los objetivos se encaminan a formar investigadores con una sólida preparación en matemáticas y computación para realizar actividades de investigación teórica de calidad, original e independiente y de aplicaciones innovadoras del conocimiento en el ámbito de la optimización.

Con el propósito de dar fundamento a la propuesta del Posgrado en Optimización, se realizó lo siguiente:

1. Análisis de la infraestructura académica y física de la UAM-A.
2. Análisis de la probable demanda futura de los planes de estudio.
3. Revisión de la oferta de planes de estudio similares al de la propuesta.

Con base en lo anterior se procedió a la elaboración de los planes y programas de estudio del Posgrado, teniendo como referencia lo establecido en los siguientes documentos:

- Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana.
- Políticas Operativas para el Fortalecimiento del Posgrado en la Unidad Azcapotzalco y,
- Criterios de Operación y Homologación de Planes y Programas de Estudio de Posgrado de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Unidad Azcapotzalco.

## **0. Estructura y organización de los posgrados de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Unidad Azcapotzalco**

### a. Antecedentes

La historia de los posgrados al interior de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Unidad Azcapotzalco (DCBI-A) inicia en el año 1982 con la creación de la Maestría en Ciencias de la Computación. En aquella época dicho posgrado se vislumbraba como una opción de especialización profesional en ingeniería para los egresados de DCBI-A e incluso para el personal académico. Esta visión de posgrado “paraguas” en el que se cobijaban los diversos intereses de nueve diferentes licenciaturas en ingeniería, estaba lejos de contemplar o siquiera imaginar el grado de especialización del posgrado en el mundo y en nuestro país. De hecho la creación del Posgrado en Ciencias e Ingeniería (Ambientales, de Materiales) en 1999 es el reflejo de la misma concepción. Este posgrado, en sus niveles de especialización, maestría y doctorado, se creó aglutinando las fortalezas institucionales de la época y con la idea de que el eventual crecimiento de la oferta de posgrado de la DCBI-A se realizara sobre esta estructura. Debe considerarse que en ese momento los posgrados paraguas eran “el modelo” teniendo como referente principal el esquema de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Sin embargo, justo en esa época, un crecimiento significativo de la habilitación del personal académico, de la oferta de posgrado a nivel nacional y el crecimiento del financiamiento y fomento a los estudios de posgrado orientaron y favorecieron la consolidación de programas con alto grado de especialización y soportados sobre colectivos (núcleos) sólidos y compactos. Con este nuevo paradigma, en 2001, se crea el Posgrado en Ingeniería Estructural.

A lo anterior debe agregarse que el marco conceptual de los posgrados en la UAM es muy posterior a la creación de la Maestría en Ciencias de la Computación. Las Políticas Operacionales Sobre Cumplimiento, Evaluación y Fomento de Planes Y Programas de Estudio de Posgrado<sup>1</sup> aprobadas en 1993, expresan la necesidad de establecer las pautas necesarias para mejorar y adecuar la oferta de posgrado de la UAM a la realidad social. Sin embargo, no es hasta 2007 cuando se aprueban las Políticas Operativas para el Fortalecimiento del Posgrado en la Unidad Azcapotzalco<sup>2</sup>. Lo anterior en buena medida debido al crecimiento y diversificación de la oferta de posgrado y la necesidad de establecer criterios armónicos para su desarrollo. Con este antecedente, en 2008, se aprueban los Lineamientos del Consejo Divisional de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Unidad Azcapotzalco para el Desarrollo y la Operación de los Posgrados<sup>3</sup> y se realiza un

---

<sup>1</sup> Aprobada por el Colegio Académico en la sesión No. 135, celebrada el 24 de febrero, 1, 8 y 19 de marzo de 1993.

<sup>2</sup> Aprobadas por el Consejo Académico en su sesión 288, celebrada el día 16 de febrero de 2007.

<sup>3</sup> Aprobados por el Consejo Divisional de Ciencias Básicas e Ingeniería en su sesión 434 ordinaria, celebrada el 14 de agosto de 2008, por acuerdo 434.4.4.

diagnóstico sobre la situación de la oferta de posgrado de la DCBI-A<sup>4</sup>. Finalmente, en 2010, se aprueban los criterios de homologación de los posgrados<sup>5</sup> sobre los cuales se replantea la estructura organizacional del posgrado al interior de la División.

b. Concepción actual de los posgrados en la DCBI-A

Los Criterios de Operación y Homologación de Planes y Programas de Estudio de Posgrado, citados previamente, son el referente sobre el cual se definen los niveles de responsabilidad institucional para asegurar las metas de calidad, los requisitos académicos, las políticas de seguimiento, las particularidades operativas, entre otros aspectos. En lo que respecta a la estructura de organización se considera que el funcionamiento armónico de los Planes y Programas de Estudio de Posgrado es responsabilidad de la Comisión Divisional de Posgrados mientras que la operación académica de cada plan está a cargo del Comité de Estudios respectivo. La Comisión Divisional de Posgrados es una instancia colegiada, formada por los Coordinadores de Estudio de los diferentes Posgrados que ofrece la División, presidida por el Coordinador Divisional de Posgrado.

Basados en la experiencia propia y en las políticas de fomento del posgrado nacional e internacional, el posgrado en la DCBI-A se encuentra en una etapa de desarrollo en la que se propicia la consolidación de una estructura disciplinar soportada en núcleos académicos con altos niveles de habilitación y reconocimiento. La estructura organizativa y operativa del posgrado promueve la interacción entre los diferentes niveles académicos, la multidisciplina y la transdisciplina. Para lograr lo anterior los planes de estudio de licenciatura y posgrado se encuentran en un proceso de revisión y actualización mientras que los proyectos de nueva creación, como el que el que motiva este documento, incluyen esta visión.

Se espera que estos antecedentes ayuden al lector de esta propuesta a conocer y comprender el marco institucional sobre el cual se fundamenta la misma, así como ofrecerle referencias importantes con las que podría apoyar su análisis.

---

<sup>4</sup> Presente y futuro de los Posgrados de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería. Agosto de 2008.

<sup>5</sup> CRITERIOS DE OPERACIÓN Y HOMOLOGACIÓN DE PLANES Y PROGRAMAS DE ESTUDIO DE POSGRADO. Aprobados por el Consejo divisional de Ciencias Básicas e Ingeniería en su sesión 469 ordinaria, celebrada el día 27 de mayo de 2010, por acuerdo 469.7.

# **JUSTIFICACIÓN**

## **1. Introducción**

El ser humano desde sus inicios ha buscado la manera de optimizar, ya sea para aminorar el esfuerzo que debe realizar para satisfacer sus necesidades esenciales o para mejorar las condiciones de vida de manera que le permitan aumentar la probabilidad de supervivencia.

Es así que buscará constantemente emplear la ruta más corta para desplazarse de un punto a otro, encontrar la forma más eficiente para proveerse de agua o realizar un proceso de cualquier índole de forma más eficiente, y aún si encuentra obstáculos, realizar una búsqueda para encontrar la mejor alternativa bajo las nuevas condiciones.

En los últimos decenios los cambios tecnológicos y sociales han creado en la sociedad humana la necesidad de hacer un manejo óptimo de los recursos existentes en todos los ámbitos, no sólo para ser más competitivos, sino para detener el deterioro del medio ambiente y hacer posible un desarrollo justo y sustentable de todo ser humano; es decir, en prácticamente toda la actividad humana se encuentra presente la necesidad de optimizar, pero ¿qué es la optimización?

La optimización es el proceso de encontrar la mejor solución posible para un problema determinado, con base en las condiciones inherentes al mismo.

En un problema de optimización existen diferentes soluciones y un criterio para discriminar entre ellas.

Estos problemas se pueden expresar mediante un modelo matemático que describe el conjunto de posibles soluciones y establece una función de la efectividad de cada una, llamada función objetivo. A partir de este modelo se busca obtener la solución para la cual la función objetivo alcanza su valor máximo o mínimo o en su defecto un valor aceptablemente bueno, de acuerdo con cierto criterio preestablecido.

El estudio matemático de los problemas de optimización incluye tanto el estudio de técnicas para encontrar la solución óptima, como de métodos para aproximarse al óptimo, en ambos casos se desea que la solución se obtenga rápidamente, por lo que en una gran cantidad de problemas se debe discriminar entre los diferentes métodos, aquel que garantice las prioridades establecidas.

El estudio matemático también debe incluir la obtención de conocimientos referentes a la estructura del conjunto de soluciones y la facilidad que ésta proporciona para asegurar la existencia de algoritmos apropiados a lo que se desea.

Finalmente, el estudio de los problemas de optimización debe incluir también el estudio de disciplinas en las que la optimización es fundamental para garantizar su viabilidad.

Todos estos elementos están contemplados en los planes y programas de estudio del Posgrado en Optimización.

Se presentan ahora los elementos solicitados en la Legislación Universitaria para la creación del Posgrado en Optimización (PO), que incluye el nivel de Maestría y el nivel de Doctorado, de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Unidad Azcapotzalco.

El trabajo fue desarrollado por profesores pertenecientes a los Departamentos de Ciencias Básicas y de Sistemas de la División de CBI de la Unidad Azcapotzalco, integrantes del cuerpo académico consolidado de Combinatoria y Algoritmos, con posgrado y experiencia en las áreas de especialidad incluidas en los programas.

## **2. Antecedentes**

En los últimos 20 años, en la UAM se ha impulsado y apoyado la superación del personal académico, lo que se ha reflejado en un incremento en el número de profesores con posgrado, experiencia en investigación y capacidad para formar recursos humanos altamente calificados, que requieren el gobierno, las universidades, los centros públicos de investigación y las empresas del sector privado.

A la par con las acciones emprendidas por la Universidad para incrementar la calidad académica de su cuerpo docente, están los programas, acuerdos y acciones legislativas que ha impulsado para aumentar el trabajo de investigación y consolidar la organización de los académicos en las áreas de investigación. Entre estas acciones se pueden mencionar los Programas de Becas para el personal académico para realizar estudios de posgrado y los Programas de Fomento a la Creación de Áreas de Investigación. Estas acciones han propiciado el surgimiento de nuevas áreas que atienden el trabajo de investigación en objetos de estudio no cultivados anteriormente y el fortalecimiento de las áreas previamente existentes. El cuerpo académico consolidado de Combinatoria y Algoritmos es resultado de estas acciones y está formado por académicos de los departamentos de Ciencias Básicas y de Sistemas de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Unidad Azcapotzalco, con sólida formación en matemáticas, computación e investigación de operaciones, disciplinas fundamentales en el trabajo de investigación en optimización.

### **3. Relevancia social y académica del plan y de sus objetivos generales**

El PO está orientado a propiciar que los egresados de licenciatura en ciencias e ingeniería desarrollen las habilidades y los conocimientos matemáticos y computacionales necesarios para modelar y resolver problemas de optimización.

Este programa está orientado a cubrir la necesidad social de robustecer los conocimientos matemáticos y computacionales con que deben contar quienes enfrenten la resolución de problemas relativos al manejo, uso eficiente y sustentable de los recursos disponibles. En este sentido, al incorporarse al ámbito laboral los egresados del Posgrado contribuirán al desarrollo científico y tecnológico del país.

El Posgrado en Optimización en el nivel de Maestría, parte del área de aplicación a resultados computacionales que requieren conocimiento en modelación matemática, análisis y desarrollo de algoritmos, implementación de software, ejecución de programas, análisis, validación y visualización de resultados; se enfoca a la integración de conocimientos y metodologías de estas disciplinas y como tal es distinta de cualquiera de ellas, dado que el análisis y las metodologías son especificadas como resultado de la solución de problemas en las áreas mencionadas. Por su parte, la investigación en el nivel de Maestría involucra el conocimiento fundamentado sobre las herramientas computacionales y técnicas matemáticas, para una solución efectiva de problemas del mundo real.

El nivel de Maestría del Posgrado en Optimización proporciona los conocimientos, habilidades y actitudes para Identificar, analizar y plantear esquemas de solución a los problemas más importantes relacionados con la optimización, de manera que los egresados puedan formar parte y dirigir grupos de trabajo enfocados a la solución de los problemas de la industria a través del desarrollo tecnológico y en beneficio de la sociedad, además de poder participar en programas docentes para la formación de recursos humanos de licenciatura y posgrado, y colaborar en programas de investigación básica y aplicada para continuar con los estudios de doctorado. Asimismo los conocimientos adquiridos permitirán a los egresados insertarse en el mercado laboral público o privado a través de la consultoría y asesoría especializada.

Por su parte, el Posgrado en optimización en el nivel de Doctorado está orientado a la formación de investigadores capaces de generar conocimiento teórico, utilizar los fundamentos matemáticos y computacionales que les permitan proponer modelos y algoritmos innovadores para resolver problemas de optimización, reconocer los alcances y limitaciones de los mismos e identificar aplicaciones a situaciones reales.

Con respecto al plan de estudios del Posgrado en el nivel de Maestría, éste se ha estructurado teniendo en cuenta, los dos grandes grupos de técnicas matemáticas y computacionales que permiten estudiar y resolver los problemas de optimización: los algoritmos exactos y los métodos heurísticos, ello a su vez define

los dos perfiles curriculares incluidos en el plan. Cabe decir que el estudio teórico, desarrollo y aplicación, de estas técnicas, son cultivados por el conjunto de profesores que participa en la propuesta, a la que también podrían incorporarse otros profesores de la División de CBI así como investigadores de otras unidades.

Tanto en el nivel de Maestría como en el nivel de de Doctorado, el plan de estudios del Posgrado incorpora UEA de movilidad, con la posibilidad de incorporar al programa la colaboración de investigadores de otras unidades e instituciones tales como UAM-I, UNAM y CINVESTAV, con quienes se tiene una relación de trabajo en actividades de investigación, ello permitirá enriquecer la visión de los alumnos sobre las áreas de su interés.

En la siguiente tabla se presentan los investigadores con quienes se colabora en actividades de investigación y que podrían participar en actividades de movilidad del PO.

<b>Investigador</b>	<b>Institución</b>
Miguel Ángel Gutiérrez Andrade	Departamento de Ingeniería Eléctrica, UAM-I
Sergio de los Cobos Silva	Departamento de Ingeniería Eléctrica, UAM-I
Salvador Hernández González	Instituto Tecnológico de Celaya
Juan Manuel Torres Moreno	Laboratorio de Informática, Universidad de Aviñón, Francia
Fernando de Arriaga	Escuela Superior de Telecomunicaciones, Universidad Politécnica de Madrid, España
Javier Yáñez Gestoso	Facultad de Matemáticas, Universidad Complutense de Madrid, España
Beatriz Bernábe Loranca	Facultad de Ciencias de la Computación, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Criel Merino López	Instituto de Matemáticas, Unidad Oaxaca, UNAM.
Anna Galluccio	Istituto di Analisi dei Sistemi ed Informatica, Roma, Italia
David Flores Peñaloza	Instituto de Matemáticas, UNAM.
Isidoro Gitler	Departamento de Matemáticas, CINVESTAV
Feliú Sagols Troncoso	Departamento de Matemáticas, CINVESTAV
Enrique Reyes	Departamento de Matemáticas, CINVESTAV
Carlos Valencia	Departamento de Matemáticas, CINVESTAV
Heraclio Villarreal	Departamento de Matemáticas, CINVESTAV
Carlos Coello Coello	Departamento de Computación, CINVESTAV
Oliver Steffer Schütze	Departamento de Computación, CINVESTAV
Edgar Acosta Villaseñor	Universidad de Ottawa-Carleton, Canadá
Shalom Eliahou	Universidad du Litoral, Calais, Francia

#### **4. Pertinencia teórico práctica**

El Posgrado en optimización en el nivel de Maestría tiene como objetivo general: formar profesionales de alto nivel que sean capaces de identificar problemas de optimización, desarrollar modelos matemáticos y seleccionar técnicas adecuadas para resolverlos, así como implementar las técnicas e interpretar los resultados obtenidos. Los egresados tendrán habilidades que les permitan iniciar o continuar actividades de investigación y aplicaciones innovadoras del conocimiento en el ámbito de la optimización.

El Posgrado en Optimización en el nivel de Doctorado tiene como objetivo general formar investigadores con una fuerte preparación en matemáticas y computación para realizar actividades de investigación teórica y aplicaciones innovadoras del conocimiento.

El plan de estudios del Posgrado en el nivel de Maestría está estructurado para que sea cursado por alumnos de tiempo completo durante seis trimestres, en los cuales recibirán la formación teórica y la experiencia práctica que les permita abordar problemas de optimización de diferentes tipos, desde la elaboración de modelos adecuados para representarlos, hasta la selección de la técnica más conveniente para resolverlos, y la posterior implantación de resultados. Las actividades de trabajo interdisciplinario están contempladas en el plan, así como la participación en el programa institucional de movilidad.

El plan de estudios del Posgrado en el nivel de Doctorado está orientado a la actividad de investigación, que debe realizarse por alumnos de tiempo completo durante nueve trimestres, incidiendo con ello en la generación de conocimientos teóricos en matemáticas o computación, que den sustento al diseño de nuevas técnicas de optimización y a la aplicación innovadora de las técnicas existentes. La colaboración con otras disciplinas está contemplada en el plan y constituye un eje importante para la aplicación de la optimización.

La formación teórica avanzada de los egresados del nivel de Maestría se obtendrá a través del estudio de las UEA obligatorias y optativas del área de perfil curricular que el alumno elija, y por las UEA complementarias; y la formación en investigación a través de las actividades desarrolladas en las UEA relativas a los seminarios y proyectos de investigación.

Las UEA obligatorias proporcionarán a los alumnos los conocimientos necesarios que les permitan identificar problemas susceptibles de ser representados como modelos de programación matemática; y a reconocer las posibles técnicas de solución, así como sus condiciones de aplicación y el alcance de las mismas. Por su parte las UEA optativas proporcionarán a los alumnos la formación teórica, los principios prácticos y las metodologías de optimización, en los dos perfiles curriculares propuestos: Algoritmos exactos y Métodos Heurísticos; haciendo mayor énfasis en el perfil en el que realizarán su proyecto de investigación.

Las UEA complementarias ofrecerán a los alumnos la oportunidad de enriquecer su formación en el perfil seleccionado o en el tema de trabajo de su proyecto de investigación, con alguna de las UEA contempladas en el plan de estudios en el nivel de Maestría, o en otros programas de posgrado de la propia Universidad o de otras instituciones.

En los seminarios de investigación, se formará a los alumnos, mediante una intervención activa y crítica en la investigación de los elementos teóricos que sustentan las técnicas y algoritmos de optimización, la modelación como programación matemática de los problemas abordados y el trabajo interdisciplinario en la solución de los mismos.

Los seminarios de investigación serán una actividad conjunta de todos los alumnos del programa, tanto de nivel de maestría como de doctorado.

En los proyectos de investigación los alumnos deberán mostrar el dominio del tema y de la literatura especializada, y la capacidad de comunicar los resultados de la investigación desarrollada, producto de un trabajo de calidad presentado en forma idónea.

## **5. Demanda social previsible.**

a. Población con prerrequisitos curriculares para demandar los estudios.

De acuerdo con el perfil de ingreso del programa de posgrado, los principales candidatos a ingresar a la maestría son los egresados de alguna licenciatura en ingeniería, ciencias o en economía, en el caso específico de la Unidad Azcapotzalco, el porcentaje más importante de aspirantes estaría constituido por los egresados de Ingeniería en Computación e Ingeniería Industrial, sin menoscabo de egresados de otras licenciaturas e ingenierías.

En el año 2007 la Unidad Azcapotzalco publicó el Estudio de Seguimiento de Egresados: Generaciones 1997 y 2002. Dicho estudio muestra los resultados obtenidos, a partir de una encuesta aplicada en el año 2004 a egresados de los programas de licenciatura de las generaciones que habían culminado sus estudios en los años 1997 y 2002. Los resultados de la encuesta muestran que 45 de 179 y 24 de 184 encuestados, de los años 1997 y 2002, respectivamente, habían continuado su formación en programas de maestría. Si se extrapola el resultado del año 1997, con más años de haber egresado, a la población total del estudio, se obtendría que en esos dos periodos, 158 de los 626 titulados habrían continuado con estudios de maestría, esto es el 25.28 % del total de titulados.

Por otra parte, en la Unidad Azcapotzalco, las estadísticas de la Coordinación de Planeación muestran que el promedio anual de titulados de licenciatura de la División de CBI registrados en el periodo de 1999 a 2008, es de 360, de los cuales 73 de ellos (21%) son de la licenciatura en Ingeniería Industrial.

Además es significativo que de los 144 alumnos de Ingeniería en Computación que han concluido su proyecto terminal al menos 27 lo han hecho en temas relacionados a la optimización (19%) y de los graduados cerca del 10% han continuado con estudios de posgrado.

En la siguiente tabla se presenta la matrícula en licenciatura y maestría, a nivel nacional, durante el periodo 1991 – 2006. De aquí se obtiene que en dicho periodo la matrícula de licenciatura tuvo un incremento en más del 105%, mientras que en maestría tal incremento ascendió al 166%.

Población escolar ingeniería y tecnología

Año	Licenciatura	Maestría
1991	349172	4869
1992	360458	5219
1993	371261	5525
1994	385921	6609
1995	394200	8012
1996	413208	9117
1997	424352	10224
1998	447405	11826
1999	481543	11821
2000	514463	13096
2001	550636	13459
2002	598929	14782
2003	628188	15981
2004	675139	15850
2005	697702	14380
2006	718668	12957

Anuario Estadístico 2003 y 2005-2007, ANUIES

Se espera que pueda haber interesados de todo el país y particularmente de la zona metropolitana de la Ciudad de México.

- b. Oferta de planes similares en otras instituciones de educación superior, fundamentalmente en el área metropolitana.

Después de una revisión exhaustiva sobre los posgrados que se ofrecen en las distintas instituciones de educación superior del país, se observó que ninguna de éstas ofrece en sus niveles de maestría y doctorado perfiles similares al presentado en esta propuesta.

Las instituciones y los programas más cercanos a la propuesta son los siguientes:

1. Universidad Autónoma de Nuevo León. Maestría en Ciencias en Ingeniería de Sistemas y Doctorado en Ingeniería de Sistemas. Ubicada en una región distante de la Ciudad de México, es el programa con el que hay más coincidencias, pero hacen mayor énfasis en la investigación de operaciones para la toma de decisiones.

2. Universidad Autónoma Metropolitana. Maestría en Ciencias (Matemáticas Aplicadas e Industriales). Es un programa más amplio que, desde el perfil de ingreso muestra que está orientado fundamentalmente a la formación matemática con énfasis en las aplicaciones, de las cuales la optimización sería una opción, abordada con menor amplitud que en el posgrado propuesto.
  3. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Maestría en Ciencias (Matemáticas). Incluye 11 líneas de investigación, de las cuales, una de ellas corresponde a optimización; no incluye temáticas de computación ni el estudio de técnicas heurísticas.
  4. Universidad Nacional Autónoma de México. Maestría en Ingeniería de Sistemas y Doctorado en Ingeniería de Sistemas. No consideran la formación en computación y hay mucha flexibilidad para orientarse hacia planeación, descuidando las técnicas de optimización.
- c. Elementos adicionales relacionados con demandas específicas de sectores de la población.

Dado el incremento en la matrícula en ingeniería y tecnología del país en general, cabe esperar que la opción aquí propuesta tenga una buena aceptación, debido a que existen retos inmediatos e importantes que el desarrollo sustentable del país plantea al Sistema Educativo Nacional, entre otros: ampliar y diversificar aún más la oferta educativa de buena calidad en todos sus tipos, niveles y modalidades [4].

## **6. Ocupación futura de los egresados del plan**

- a. Egresados de planes similares en otras instituciones de educación superior.

Al ser un posgrado distinto a los que se ofrecen en otras instituciones, los egresados de este plan llegarán a atender necesidades no cubiertas completamente por egresados con otra formación.

A continuación se muestra el total de egresados en la última década de las dos maestrías con perfil más cercano al propuesto para el nivel de Maestría del Posgrado en Optimización.

### Maestría en Ciencias en Ingeniería de Sistemas (UANL)<sup>6</sup>

<b>Generación</b>	<b>Ingreso</b>	<b>Graduados</b>	<b>%</b>
<b>2000</b>	2	2	100.00%
<b>2001</b>	3	3	100.00%
<b>2002</b>	3	2	66.67%
<b>2003</b>	6	6	100.00%

<sup>6</sup> <http://pisis.fime.uanl.mx/stats-msc.html>

<b>2004</b>	10	9	90.00%
<b>2005</b>	5	4	80.00%
<b>2006</b>	13	12	92.31%
<b>2007</b>	13	13	100.00%
<b>2008</b>	13	10	76.92%
<b>2009</b>	7	1	14.29%
<b>2010</b>	21	0	0.00%
<b>2011</b>	7	0	0.00%

#### Maestría en Ingeniería de Sistemas (UNAM)<sup>7</sup>

<b>Generación</b>	<b>Ingreso</b>	<b>Graduados</b>	<b>%</b>
<b>2000</b>	11	9	81.82%
<b>2001</b>	23	11	47.83%
<b>2002</b>	18	8	44.44%
<b>2003</b>	26	10	38.46%
<b>2004</b>	25	7	28.00%
<b>2005</b>	29	8	27.59%
<b>2006</b>	27	6	22.22%
<b>2007</b>	22	8	36.36%
<b>2008</b>	25	2	8.00%
<b>2009</b>	15	0	0.00%

A continuación se muestra el total de egresados en los últimos años de los dos doctorados con perfil más cercano al propuesto para el nivel de Doctorado del Posgrado en Optimización.

#### Doctorado en Ingeniería de Sistemas (UANL)<sup>8</sup>

<b>Generación</b>	<b>Ingreso</b>	<b>Graduados</b>	<b>%</b>
<b>2004</b>	1	1	100.00%
<b>2005</b>	1	1	100.00%
<b>2006</b>	2	1	50.00%
<b>2007</b>	3	3	100.00%
<b>2008</b>	2	1	50.00%
<b>2009</b>	6	0	0.00%
<b>2011</b>	2	0	0.00%

<sup>7</sup> Información proporcionada por la Coordinación de estudios del posgrado en Ingeniería de Sistemas

<sup>8</sup> <http://pisis.fime.uanl.mx/stats-phd.html>

## Doctorado en Investigación de Operaciones (UNAM)<sup>9</sup>

<b>Generación</b>	<b>Ingreso</b>	<b>Graduados</b>	<b>%</b>
<b>2004</b>	1	1	100.00%
<b>2005</b>	3	0	0.00%
<b>2006</b>	3	2	66.67%
<b>2007</b>	1	1	100.00%
<b>2008</b>	0	0	-
<b>2009</b>	0	0	-

- b. Desarrollo de las actividades productivas o de servicio que ocuparán a los egresados que se formen.

Muchos de los problemas de ingeniería y en general de cualquier rama del conocimiento, requieren de modelos matemáticos para comprender y optimizar sistemas complejos, por lo que es necesario diseñar algoritmos eficaces y eficientes además de aprender métodos que proporcionen una base cuantitativa y racional para la toma de decisiones, especialmente las relacionadas con la asignación de recursos o con la clasificación de los elementos de un conjunto.

La simulación numérica permite el estudio de sistemas complejos y fenómenos naturales que podrían ser costosos o peligrosos o imposibles de estudio por experimentación directa, tales como las simulaciones de las cadenas genéticas o de evoluciones de bacterias, hasta las que se requieren en la minería de datos para encontrar clasificadores y propiedades.

La demanda de altos niveles de detalle y realismo en semejantes simulaciones requiere de una gran capacidad de cómputo lo cual ha dado impulso al avance en el uso de algoritmos y modelos computacionales. Estos avances han permitido que actualmente puedan ser tratados problemas de gran escala, lo que antes era algo impensable.

El desarrollo de la ingeniería está lleno de ejemplos que ilustran la polinización cruzada en cuanto a técnicas de análisis y que en los últimos 50 años han creado herramientas que ahora encuentran aplicación en otras ramas de la ingeniería.

Lo anterior implica un enfoque transdisciplinario para resolver problemas del mundo real, tales como los que se encuentran en ingeniería automotriz, ingeniería aeronáutica, ingeniería biomédica, ingeniería de materiales, ingeniería de semiconductores y por supuesto los encontrados en la nanotecnología.

Procedimientos robustos de control y análisis de la industria automotriz se están empleando en el diseño de los llamados edificios inteligentes; técnicas de

---

<sup>9</sup> Información proporcionada por la Coordinación de estudios del posgrado en Ingeniería de Sistemas

ingeniería de calidad fuera de línea desarrolladas en la industria microelectrónica son indispensables en el control de varios procesos actuales en diversas áreas; así como técnicas de inteligencia artificial combinadas con las de clasificación son muy utilizadas para el desarrollo de métodos de diagnóstico clínico.

En diversas instituciones se encuentran problemas de optimización tales como:

- Planificación de tareas en una o varias máquinas.
- Problemas de ubicación de centros de servicio.
- Planeación de la producción.
- Diseño de rutas vehiculares de distribución.
- Problemas de horarios.
- Diseño de distritos electorales.
- Problemas de asignación de tripulaciones y de personas para dar atención a algún servicio, sean: médicos, enfermeras, operarios, profesores, entre otros.

Entre los organismos y empresas en las que podrían colaborar los egresados del Posgrado, se encuentran: el Instituto Mexicano del Petróleo, la Comisión Federal de Electricidad, las industrias manufacturera y automotriz, el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, el Centro Nacional de Prevención de Desastres, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, la Comisión Nacional del Agua, así como diversas secretarías de estado, institutos de investigación e institutos de salud, como el Instituto de Cardiología o el Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía.

Con frecuencia aparecen ofertas de empleo en el boletín de enlace laboral de CONACYT en donde las responsabilidades y habilidades requeridas corresponden a las del perfil de egreso del Posgrado.

c. Aspectos relativos a la demanda de los egresados del plan en otras actividades.

Además de incorporarse a las áreas productivas, los egresados del Posgrado en Optimización con nivel de Maestría tendrán una sólida preparación que les permitirá realizar con éxito estudios de doctorado, mientras que los egresados del Posgrado con nivel de Doctorado, por su preparación podrán incorporarse a labores de docencia e investigación en instituciones de educación superior y centros de investigación, lo que ayudará a renovar y ampliar la planta académica de estas instituciones.

## 7. Determinación de los recursos necesarios para desarrollar el plan:

### a. Personal académico.

La Universidad cuenta con un número suficiente de profesores activos en investigación en los temas del programa que pueden garantizar que se cumplen los estándares planteados por el Programa Nacional de Posgrado. Los siguientes profesores han manifestado su interés y compromiso en participar en el posgrado.

Nombre	Categoría, nivel y dedicación	Grado	Nivel SNI	Perfil PROMEP	Perfil curricular	Actividad docente en la UAM durante 2009 y 2010	
						Número de grupos atendidos	Número de proyectos terminales y tesis dirigidas
Laura Elena Chávez Lomelí	Asociado D tiempo completo	Doctorado	C	Sí	Algoritmos Exactos	10 licenciatura	
Oscar Herrera Alcántara	Asociado D tiempo completo	Doctorado	C	Sí	Métodos Heurísticos	10 licenciatura 2 maestría	1 PT
Pedro Lara Velázquez	Asociado D tiempo completo	Doctorado	C	Sí	Métodos Heurísticos	6 licenciatura	6 PT
Ana Lilia Laureano Cruces	Titular C tiempo completo	Doctorado	II	Sí	Métodos Heurísticos	10 licenciatura 4 maestría	5 Tesis maestría 4 Tesis doctorado
Rafael López Bracho	Titular C tiempo completo	Doctorado	Solicitado	Sí	Algoritmos Exactos	12 licenciatura	3 PT
Javier Ramírez Rodríguez	Titular C tiempo completo	Doctorado	I	Sí	Métodos Heurísticos	11 licenciatura	
María Guadalupe Rodríguez Sánchez	Titular C tiempo completo	Doctorado	Solicitado	Sí	Algoritmos Exactos	7 licenciatura	
Francisco Javier Zaragoza Martínez	Titular B tiempo completo	Doctorado	I	Sí	Algoritmos Exactos	12 licenciatura 2 maestría	13 PT

Los profesores pertenecen a los departamentos de Ciencias Básicas y de Sistemas y forman parte del cuerpo académico consolidado Combinatoria y Algoritmos, reconocido por el PROMEP, en el que realizan actividades de investigación en las líneas de generación o aplicación del conocimiento (LGAC) de optimización combinatoria, teoría de algoritmos y heurísticas, en las que participan oficialmente 7, 7 y 3 de los ocho profesores, respectivamente. Además han

participado en distintos posgrados tanto de la UAM como de otras instituciones, impartiendo cursos y dirigiendo tesis tanto de maestría como de doctorado.

En cuanto a docencia, los profesores participan en la impartición de UEA tanto de licenciatura como de maestría en programas de la Unidad Azcapotzalco, así como en la dirección de proyectos terminales y de tesis. La creación de este posgrado llevaría a una adecuación de la participación de los profesores en la actividad de docencia, la cual se diversificaría con la inclusión de este nuevo plan, más la incorporación de cinco plazas de profesores de tiempo completo, una en el Departamento de Ciencias Básicas y cuatro en el Departamento de Sistemas. Se conocen ya posibles candidatos para ocupar estas plazas, quienes actualmente participan como profesores visitantes en los propios departamentos. La inclusión de nuevos profesores, además de ayudar a atender este posgrado, beneficiaría a las licenciaturas de Ingeniería Ambiental, Ingeniería Civil, Ingeniería en Computación, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Física e Ingeniería Industrial más otros posgrados en los que estos departamentos participan; además de la contribución a las actividades de investigación de los dos departamentos.

Respecto al cumplimiento de los parámetros básicos para el ingreso al Programa Nacional de Posgrados de Calidad, establecidos por CONACYT en el anexo A de la convocatoria 2009, el Posgrado en Optimización cumpliría los requisitos establecidos a nivel maestría, en lo que corresponde al personal académico, si el Núcleo Académico Básico se integra con los profesores mencionados en esta propuesta, y a partir de 2013, lo cumpliría para el nivel doctorado, con la incorporación de cuatro profesores titulares adicionales, provenientes de los Departamentos de Ciencias Básicas y de Sistemas. Los datos correspondientes ya evaluables se muestran en la tabla siguiente:

Criterios /subcriterios	Fecha de evaluación por CONACYT	
	Maestría (2011)	Maestría/Doctorado (2013)
Estudiantes		
Ingreso de estudiantes		
Rigor en el procedimiento de selección de aspirantes.	Examen de admisión que permita evaluar conocimientos y habilidades de acuerdo con el perfil de ingreso. Criterios de selección para el ingreso de estudiantes	
Tiempo de dedicación de los estudiantes al programa	La totalidad de los estudiantes del programa serán de tiempo completo	
Tutorías		
Suficiencia de la planta académica		
Proporción de estudiantes por profesor de tiempo completo para la impartición de tutorías	4 a 6 estudiantes	Maestría: 4 a 6 estudiantes Doctorado: 2 a 3 estudiantes
Proporción de estudiantes por director de tesis	Hasta 4 estudiantes simultáneamente	Maestría: Hasta 4 estudiantes simultáneamente Doctorado: Hasta 3 estudiantes

		simultáneamente
Personal académico		
Núcleo académico básico		
Existencia de un núcleo académico básico	Total = 8 Mínimo 5 doctores	Total = 12 Mínimo 9 doctores
Nivel de estudios de la planta académica	62% doctores	Maestría: 62% doctores Doctorado: 100% doctores
Características del núcleo académico básico	Mínimo 30% del total de PTC pertenecen al SNI	Mínimo 40% del total de PTC pertenecen al SNI
Apertura y capacidad e interlocución	50% de los profesores del programa deberán haber obtenido su grado más alto en institución distinta a la UAM	
Líneas de generación o aplicación del conocimiento relacionados con el programa de posgrado del PNPC		
Mínimo 3 líneas de generación o aplicación del Conocimiento (LGAC)	Al menos 3 PTC por LGAC	
Resultados		
Contribución al conocimiento		
Productividad profesional o de investigación	De 1 a 2 productos por PTC por año	
	Más del 80% deberán haber hecho publicaciones en los últimos tres años	
	La planta académica asociada al programa deberá contar con productividad reciente y original, en el área del conocimiento correspondiente	
Tipo de productos del trabajo de investigación	Productos tales como: Artículos de investigación original publicados; libros o capítulos de libros científicos y de texto; presentaciones en eventos académicos especializados; Sistemas o programas de computación	
Participación de alumnos del programa en proyectos de investigación		Al menos 50% de los productos académicos resultado de la operación del programa deberán contar con la participación de los estudiantes
Cooperación con otros actores de la sociedad		
Vinculación		
Existencia de convenios con organizaciones o instituciones de educación superior	Un producto relevante al año por cada LGAC asociada al programa dentro de cada convenio vigente	

b. Personal administrativo.

Para iniciar, bastaría recibir apoyo del personal adscrito a los posgrados existentes.

c. Programa priorizado de inversiones directas.

Es importante para el buen desarrollo del programa disponer de equipo de cómputo y de licencias académicas de software especializado en optimización, tales como GAMS y Lingo, entre otros. El monto de las licencias se estima en \$30,000.00

d. Inversiones indirectas: (aulas, laboratorios y talleres).

Se puede iniciar con los recursos existentes, pero se considera conveniente aprovechar los programas presupuestales de la UAM y en particular de CBI de apoyo a sus posgrados, para equipar por lo menos un aula con equipo audiovisual, cañón y computadora, así como mobiliario apropiado. Además, se considera conveniente que los alumnos dispongan de un lugar equipado para realizar trabajo académico fuera del aula.

e. Programa de formación de personal académico.

Esta propuesta aprovecha los resultados del Programa de Becas de la UAM, al incorporar a profesores que han completado su formación con dicho programa, los profesores participantes en el programa mantienen relaciones académicas con instituciones nacionales y extranjeras que propician el intercambio de académicos. Por otra parte, la UAM está en posibilidad de recibir personal académico de otras instituciones en sus programas de posgrado, por medio de los mecanismos establecidos por CONACYT y por PROMEP en sus programas de apoyo a la formación del personal académico de las instituciones de educación superior.

f. Gastos de operación.

Se pueden aprovechar los recursos disponibles actualmente en la División de CBI de apoyo directo a los posgrados, así como el apoyo de los Departamentos de Ciencias Básicas y Sistemas, a los profesores que participan en este posgrado.

g. Costos totales.

Inicialmente se estiman en \$140,00.00 anuales, correspondientes a:

- Gastos de operación: \$20,000.00
- Mantenimiento y reemplazo de equipos de cómputo y periféricos en apoyo al posgrado: \$40,000.00
- Asistencia de alumnos a un congreso anual: \$80,000.00

h. Recursos materiales disponibles.

Los Departamentos de Ciencias Básicas y Sistemas y la Coordinación de Servicios de Cómputo disponen actualmente de recursos suficientes para iniciar el programa, entre los que se pueden mencionar:

- Laboratorios multimedia con equipo de cómputo.
- Salas audiovisuales con cañón y computadoras.
- Laboratorio de simulación y optimización, con licencias de software especializado.

**8. El número de alumnos a atender y egreso previsible del plan, indicando los tiempos en que esto se logrará.**

Se pretende aceptar cada año a un número de alumnos igual al número de profesores que participen en el posgrado, con el fin de que cada alumno tenga un tutor y tomando en cuenta que cada alumno permanecerá seis trimestres en el programa; Es así que el total de alumnos del Programa llegaría a 8 en el primer año, 16 en el segundo año, 20 en el tercer año y 24 en los años sucesivos, de los cuales 16 serían de maestría y 8 de doctorado.

La intención es que todos los alumnos que inicien sus estudios los terminen; y se centrarán todos los esfuerzos por que así sea. Los primeros resultados se podrán apreciar a partir del segundo año de actividades del Posgrado.

**9. Inicio y evolución del Posgrado.**

Se tiene proyectado iniciar el Nivel de Maestría en el trimestre 12-I y el Nivel de Doctorado en el trimestre 13-O.

La primera convocatoria debe aparecer en el trimestre 11-O.

Todos los alumnos deben ser de tiempo completo y contarán con beca para realizar sus estudios:

Con base en el perfil de los profesores participantes y el perfil de ingreso de los alumnos del programa, se considera que:

- Los alumnos de la primera generación del nivel de maestría estarán en condiciones de solicitar la beca CONACYT a partir de su segundo año.
- Los alumnos de la primera generación del nivel de doctorado estarán en condiciones de solicitar la beca CONACYT a partir de su segundo año.
- Los alumnos de las segundas generaciones y posteriores, tanto del nivel de Maestría como del nivel de Doctorado deberán contar con el apoyo de la beca CONACYT.

## **10. Alternativas que pudieran abrirse para aprovechar la infraestructura propuesta.**

Se estima que cualquier infraestructura que se use o se adquiriera pudiera ser compartida con los planes de estudio de la UAM Azcapotzalco correspondientes con la Licenciatura en Ingeniería en Computación, la Licenciatura en Ingeniería Industrial y la Maestría en Ciencias de la Computación, entre otros.

## **11. Alternativas de financiamiento, en su caso.**

Se estima que los alumnos podrían contar con apoyo económico de las siguientes fuentes de financiamiento:

- Becas del Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal.
- Becas del Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología.
- Proyectos financiados por el CONACYT.
- Proyectos financiados por la iniciativa privada.
- Acuerdos que para este efecto emita el Rector General.

## **Referencias**

1. Anuario Estadístico 2005-2007. ANUIES.  
<http://www.anuies.mx/index800.html>
2. CONACYT. Programa Nacional de Posgrados de Calidad. 2009  
[http://www.conacyt.gob.mx/Becas/Calidad/Paginas/Becas\\_ProgramasPosgradosNacionalesCalidad.aspx](http://www.conacyt.gob.mx/Becas/Calidad/Paginas/Becas_ProgramasPosgradosNacionalesCalidad.aspx)
3. Criterios de operación y homologación de Planes y Programas de Estudio de Posgrado. División CBI-A. 2010  
<http://posgradoscbi.azc.uam.mx/homologacion/criterios.html>
4. Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012  
[http://pnd.calderon.presidencia.gob.mx/pdf/PND\\_2007-2012.pdf](http://pnd.calderon.presidencia.gob.mx/pdf/PND_2007-2012.pdf)
5. Plan de desarrollo UAM Azcapotzalco, 2010-2013  
<http://coplan.azc.uam.mx/web/documentos/planDesarrollo/Plan%20de%20Desarrollo.pdf>
6. Reglamento de estudios Superiores (RES), UAM  
<http://www.uam.mx/legislacion/>
7. Compendio Estadístico 1999-2008. COPLAN  
<http://coplan.azc.uam.mx/>
8. Estudio de Seguimiento de Egresados. Generaciones 1997 y 2002. COPLAN, UAM-A.  
[http://www.azc.uam.mx/sieeee/Respaldo/index\\_archivos/Resultados/SisInfEEE/Egresados/EsE9707/AZC-CBI.pdf](http://www.azc.uam.mx/sieeee/Respaldo/index_archivos/Resultados/SisInfEEE/Egresados/EsE9707/AZC-CBI.pdf)
9. Ubaldo Ortiz, Carlos Guerrero y Oxana Kharissova, El posgrado de Ingeniería y Tecnología en México, OMNIA, Año 18, 2002.