

Educación para el futuro: el ingeniero nanotecnólogo

Laura Viana Castrillón*

RESUMEN. En el presente trabajo se identifican las competencias que un ingeniero especialista en nanotecnología debe desarrollar. Se discute el contenido a incluir en el plan curricular para que los alumnos desarrollen dichas competencias y se esboza una propuesta de plan de estudios para la carrera de ingeniería en nanotecnología, en la cual se hace énfasis en la formación científica e integral del estudiante.

PALABRAS CLAVE: nanotecnología, educación en nanotecnología, competencias, plan curricular.

ABSTRACT. This paper identifies the competences for an engineer specialized on nanotechnology. It discusses the content that a curricular plan should have in order to successfully achieve the development of such competences. It also delineates a proposal for a plan of study for the career on nanotechnology engineering, which makes emphasis on the scientific and integral training of students.

KEY WORDS: nanotechnology, nanotechnology education, competences, curricula.

ANTECEDENTES

En México existe una gran brecha entre la investigación básica y el desarrollo tecnológico. En el proyecto Visión 2030, que fuera presentado por el gobierno federal de México en el año 2007, se encuentran plasmadas las metas que se desean alcanzar como país, en el año 2030, así como las estrategias para lograrlo. Dos de esas metas son colocar a México entre el 20% superior de los países en dos rubros: competitividad (en el 2006 se ubicaba en el 46%) y desarrollo tecnológico (en el 45% en 2006). Para lograr estas metas se requiere, entre muchas otras cosas, formar profesionales que tengan una formación científica sólida y, a la vez, una mentalidad de ingeniero, para que puedan utilizar sus conocimientos para modificar el entorno y generar tecnología. Necesitamos modernizar la oferta educativa y formar profesionales capacitados para responder a los nuevos retos que presenta la sociedad, con el objeto de que las brechas entre la investigación y el desarrollo tecnológico en el país y entre México y los países desarrollados no se continúen ampliando.

La nanotecnología es un campo inherentemente interdisciplinario y emergente en el cual se conjuntan la física, la biología, la química, la ingeniería y las ciencias sociales y cuyo objetivo es entender, caracterizar, manipular y explotar las características físicas de la materia a la nanoescala, para generar innovaciones tecnológicas teniendo en consideración su impacto social y ambiental. Se considera como una tecnología clave que aportará un gran desarrollo al siglo XXI y que será el detonante de una nueva re-

* Es coordinadora del posgrado interinstitucional de física de materiales CICESE-UNAM, y, a partir de noviembre de 2006, coordina el proyecto de creación del programa de licenciatura en ingeniería en nanotecnología. laura@unyn.unam.mx

volución industrial, pues las posibilidades de creación de nuevos materiales y dispositivos a partir de átomos y moléculas parecen ilimitadas.

En el Centro de Nanociencias y Nanotecnología de la UNAM (CNyN) se advirtió la oportunidad de ofrecer una nueva licenciatura en este tema emergente, ligado a su vocación, por lo que se inició el proyecto de creación de una licenciatura de ingeniería en nanotecnología. Este proyecto ha sido completado en su primera etapa y se encuentra actualmente en proceso de revisión, con la intención de implementarlo en el campus de Ensenada de la UNAM.

La carrera de ingeniería en nanotecnología se diseñó para cursarse en 8 semestres. Su objetivo es formar profesionales con una amplia cultura científico tecnológica y con una serie de herramientas que les permitirán ser competitivos en diversos trabajos o proseguir con estudios de posgrado, teniendo una base formativa sólida, general e interdisciplinaria, además de tener preparación de frontera en el área de las nanociencias y la nanotecnología.

Como parte del trabajo efectuado para diseñar este plan de estudios, se hizo un estudio de factibilidad, se elaboraron los perfiles de ingreso, egreso y perfil profesional que se desean lograr y se describieron las competencias a desarrollar en los alumnos; a partir de esta información, se determinó el contenido curricular. Para tener una visión más amplia, se consultaron planes de estudios de carreras afines en universidades de los Estados Unidos, Inglaterra y Australia. El texto aquí presentado está basado en un trabajo presentado en el 3er foro de Enseñanza de Ciencias Básicas, organizado por la Facultad de Ingeniería de la UNAM y se concentra en el análisis de las competencias que se deberán desarrollar en los alumnos.

ANÁLISIS DE COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Antiguamente, las carreras profesionales se concebían básicamente como la impartición de un extenso conjunto de conocimientos. De acuerdo con las tendencias educativas actuales, la planeación curricular debe tener sustento en el desarrollo de las competencias profesionales, ya que es esencial que el alumno, además de adquirir los conocimientos necesarios, desarrolle diversas actitudes, aptitudes y valores que le permitirán desenvolverse en el ámbito profesional de una forma integral, con eficiencia, responsabilidad y oportunidad.

Entre las actitudes y aptitudes a desarrollar en un ingeniero nanotecnólogo, es importante fomentar la responsabilidad social, la conciencia ecológica y el liderazgo. También es esencial, que estos futuros profesionales desarrollen una visión amplia que les permita atacar un problema desde diferentes perspectivas, que adquieran habilidades de trabajo en grupos multi e interdisciplinarios, que cuenten con nociones básicas del funcionamiento de empresas relacionados con diseño, finanzas, planeación, manufactura, etc., teniendo como parámetro la calidad; que tengan habilidades de comunicación, que sean versátiles, innovadores en el desarrollo de productos y servicios y con disposición para utilizar sus conocimientos para desenvolverse en diversos empleos.

Quizá sea evidente que un ingeniero nanotecnólogo debe contar con las actitudes y valores recién mencionados. Sin embargo, no es tan sencillo determinar cuál deberá ser el conjunto de conocimientos que se deberán impartir en un programa de este tipo y cuáles serán las habilidades técnicas profesionales que se deberán desarrollar en los alumnos. La respuesta no es simple, ya que debido al carácter interdisciplina-

rio de la nanotecnología, existe una disyuntiva entre favorecer la profundidad de los conocimientos, con su consecuente especialización, o privilegiar la interdisciplinariedad y la amplitud de éstos. Así, nos enfrentamos a dilemas por resolver, tales como ¿es preferible que los alumnos sepan mucho de poco, o poco de mucho?; si los estudios son demasiado amplios e interdisciplinarios, ¿es posible que los egresados desarrollen habilidades que los conviertan en profesionales aptos para insertarse en el mercado laboral?; si el perfil del egresado es demasiado especializado, ¿será posible que éste encuentre un trabajo adecuado?; ¿cual es el nivel de matemáticas que los estudiantes deben desarrollar?

En otros países del mundo, esta disyuntiva ha sido resuelta de diversas formas. Por ejemplo, los Estados Unidos cuentan con un gran desarrollo tecnológico e industrial y con poder económico, por lo que requieren de personal muy especializado de todos los niveles y diversos perfiles, desde técnicos, hasta personas capacitadas para llevar a cabo investigación y desarrollo tecnológico. En los programas a nivel licenciatura de los Estados Unidos y Canadá se ofrecen módulos de asignaturas relacionadas con la nanotecnología y la nanociencia, como cursos de especialización para alumnos cuya disciplina principal es ciencias de la ingeniería, o ingeniería de materiales. De manera que los egresados tienen una licenciatura central, más general, y cursan un grupo de asignaturas de especialización en nanociencias y nanotecnología. Sin embargo, en esos países la verdadera especialización para investigación básica y desarrollo tecnológico se obtiene a nivel posgrado. Por otro lado, ellos también ofrecen cursos de capacitación técnica en nanotecnología en las universidades comunitarias (Community Colleges, escuelas públicas que típicamente imparten cursos correspondientes a los dos primeros años de nivel licenciatura).

En las universidades de Inglaterra y Australia, los programas de estudios parten de una filosofía diferente, pues ahí han optado por impartir, desde el primer trimestre, asignaturas interdisciplinarias enfocadas exclusivamente en la nanoescala y, por consiguiente, mucho más especializadas. Esta opción es posible de llevar a cabo, debido a que en estos países, los alumnos que ingresan a la universidad tienen una formación muy especializada y de alto nivel, ya que en el ciclo de enseñanza media los alumnos únicamente deben aprobar un número reducido de disciplinas, típicamente 3 (advanced levels "A-levels", que serían, por ejemplo: matemáticas, física y computación, o matemáticas, química y biología, etc.). Por este motivo, los alumnos extranjeros que provienen de otros sistemas educativos deben cursar un año de materias básicas antes de ingresar al programa.

En nuestro caso, para poder tomar una decisión con respecto a cómo enfrentar esta disyuntiva basados en la situación económica, social y científicotécnica de nuestro país, se llevó al cabo un estudio de factibilidad. Como parte de éste, se analizó el estado actual de la industria en el estado de Baja California y se levantó una encuesta acerca de las necesidades de la industria en Baja California y en Monterrey. Se pudo observar que aunque todo mundo tiene interés y expectativas en el desarrollo de la nanotecnología, las empresas aún no están preparadas para recibir ingenieros nanotecnólogos especializados de manera inmediata.

Con base en estos resultados, se optó por enfocar la enseñanza desde la perspectiva de desarrollo de conceptos y análisis cualitativo, teniendo a las matemáticas como una poderosa herramienta de trabajo práctico, pero sin profundizar demasiado en las derivaciones matemáticas y la formalidad teórica. Por otro lado, se consideró adecuado dar a los alumnos una base amplia de conocimientos científicos, una serie de talle-

res encaminados a desarrollar habilidades de análisis y aplicación de conocimientos para resolver problemas y ofrecerles tres grupos de asignaturas optativas de especialización mayormente enfocadas en las áreas de física (nanoestructuras), química (catálisis ambiental) y biología (biotecnología), respectivamente. Por último y no menos importante, se consideró adecuado impartir a los alumnos un grupo de asignaturas obligatorias que los ayuden a desarrollar herramientas prácticas de comunicación, planeación, manejo de personal, etc., útiles para el trabajo en la industria. De todo esto, hablaremos más adelante.

COMPETENCIAS A DESARROLLAR

A continuación haremos un análisis de las competencias a desarrollar en el ingeniero nanotecnólogo y discutiremos las estrategias para lograrlo. De manera puntual, se identificaron las siguientes:

- Conocerá los principios y manejará las técnicas que le permitan entender, caracterizar, manipular y explotar las características físicas y químicas de la materia a nanoescala.
- Tendrá la habilidad para diseñar experimentos que le den respuestas significativas a sus preguntas. Podrá procesar los datos obtenidos e interpretar los resultados de sus experimentos.
- Entenderá las aplicaciones contemporáneas de la nanotecnología y sus implicaciones sociales desde una perspectiva global y actuará con responsabilidad y espíritu de servicio, basándose en principios éticos, sociales, culturales.
- Comprenderá los posibles riesgos a la salud humana y al medio ambiente provenientes de la exposición a nanopartículas y actuará congruentemente con responsabilidad y ética.
- Tendrá habilidades para trabajar en equipo, en el proceso de investigación, desarrollo, diseño o implementación de nuevos productos, procesos, materiales, dispositivos, sistemas y herramientas relacionados con la nanotecnología.
- Tendrá habilidad para adaptarse a los cambios tecnológicos y una actitud permanente de aprendizaje.
- Comunicará de forma efectiva proyectos o resultados, con claridad y precisión, a través de trabajos escritos o presentaciones orales, en inglés y en español, y hará uso adecuado y eficiente de los recursos tecnológicos y de información.
- Contará con habilidades generales de diseño, planeación, análisis económico y administración, que le permitirán ser competitivo laboralmente.
- Comprenderá los principios y conceptos de la ingeniería y de la nanotecnología y aplicará estos principios para el diseño y análisis con un enfoque de innovación, desarrollo tecnológico y rentabilidad.

PLAN DE ESTUDIOS

El plan de estudios propuesto se diseñó para cursarse en ocho semestres (de 16 semanas), con un mínimo de 345 créditos; con 39 asignaturas obligatorias (295 créditos) y un mínimo de 50 créditos en asignaturas optativas (que corresponden a 7 u 8 asignaturas). La asignación del número de créditos sigue los lineamientos de los

“Acuerdos de Tepic” (ANUIES 1972) que determinan que una hora de clase-semana- semestre para cursos o actividades que requieren trabajo extraescolar corresponde a dos créditos, y en el caso de laboratorios y talleres corresponde a un crédito (8 horas de curso teórico = 1 crédito, 16 horas de laboratorio o taller = 1 crédito). Nos enfocaremos de manera especial en las asignaturas correspondientes a los dos primeros años de estudios (etapa básica), ya que éstas podrían constituir un tronco común para otras licenciaturas en las que se requiera formar ingenieros científicos.

El plan de estudios se divide en asignaturas básicas de tronco común (etapa básica), asignaturas integradoras o profesionalizantes (etapa disciplinaria), asignaturas de competencias profesionales y especialización (etapa de especialización) y asignaturas finales (etapa terminal). Desde el punto de vista de contenidos, el plan incluye asignaturas que propician el desarrollo del estudiante de manera integral, ya que consideran aspectos científicos, humanistas y científicos, todo con una perspectiva teórico-práctica.

Se consideró que durante la etapa básica el estudiante debe adquirir bases sólidas científicas y familiarizarse con el desarrollo actual de la nanotecnología y con el tipo de problemas que ésta puede ayudar a resolver; también debe adquirir una conciencia de su entorno desde los puntos de vista del desarrollo tecnológico, la sustentabilidad, las cuestiones de ética e impacto de la tecnología en la sociedad, etc. Adicionalmente, durante esta etapa el alumno adquirirá habilidades para el manejo de paquetería de software para diseño, cálculo, simulación, presentación de resultados, entre otros, y desarrollará habilidades para la solución de problemas prácticos utilizando los conocimientos formales adquiridos en el aula. También se buscará que el alumno desarrolle la capacidad de expresión oral y escrita, en español, pues se considera que estas habilidades constituyen una herramienta profesional indispensable.

Posteriormente, durante los semestres quinto al octavo, el alumno cursará cuatro tipos de asignaturas: 1) asignaturas integradoras multidisciplinarias, en donde el alumno conjuntará todos los conocimientos adquiridos y los aplicará para entender y manejar técnicas de análisis, síntesis, simulación y manipulación de la materia, con énfasis en aplicaciones tecnológicas; 2) asignaturas teóricas y prácticas de especialización en tres áreas o ejes temáticos, a escoger: biotecnología, tecnología ambiental y nanoestructuras; 3) asignaturas teóricas y prácticas de ingeniería, las cuales aportarán al alumno conocimientos y le ayudarán a desarrollar habilidades de diseño, análisis, planeación, administración, liderazgo empresarial, toma de decisiones, etc., y, 4) talleres de producción oral y escrita en inglés, con objeto de que sea capaz de escribir informes e impartir conferencias en este idioma. Durante el octavo semestre, el alumno realizará una estancia de investigación, trabajando en un problema de investigación relacionado con alguno de los tres ejes temáticos, o hará un estancia en la industria, y elaborará un reporte, lo que le permitirá obtener su grado de licenciatura al finalizar este semestre.

Etapa básica. La etapa básica comprende los primeros cuatro semestres del plan de estudios. Como asignaturas básicas se están considerando aspectos de física, química y biología en niveles y enfoques adecuados y actualizados, además de un extenso estudio de las matemáticas cuyo objetivo es contribuir a la formación lógico deductiva del estudiante y a facilitarle una herramienta que le permita modelar algunos fenómenos de la naturaleza. Adicionalmente, se incluyen asignaturas de carácter formativo que ayuden al desarrollo integral del estudiante. A continuación, dividiremos las asignaturas por grupos dependiendo del área de conocimiento y explicaremos de forma sucinta sus objetivos generales.

Matemáticas. Dentro de las asignaturas básicas obligatorias de matemáticas hemos considerado las siguientes: cálculo I y II, álgebra lineal y geometría analítica, métodos matemáticos I y II, probabilidad y estadística aplicada a la ingeniería, con un total de 272 horas de teoría (desarrollo analítico) y 272 horas de talleres. Cada uno de los cursos consta del mismo número de horas de teoría y de taller. El objetivo de los talleres es incorporar el uso de paquetería de software de matemáticas y graficado, como una poderosa herramienta matemática y un lenguaje de programación interactivo que ayude al alumno a visualizar los temas vistos en la clase de teoría y resolver problemas matemáticos (graficación, álgebra simbólica y programación básica para simulación, por ejemplo, MatLab, Simulink y Symbolic Math). Esta habilidad le permitirá diseñar, desarrollar e implementar herramientas computacionales y gráficas para la solución de problemas de ciencias e ingeniería. Es importante que los talleres sean impartidos por un profesor diferente al que imparta la teoría, con objeto de que los aspectos analíticos y de uso de paqueterías de software reciban la misma atención.

TABLA 1. Asignaturas obligatorias del área de matemáticas

Semestre	Denominación de la asignatura	Modalidad	Tipo de asignatura		Créditos
			Horas/semestre		
			Teóricas	Prácticas	
1º	Cálculo I	Curso, taller	48	48	9
1º	Álgebra lineal y geometría analítica	Curso, taller	32	32	6
2º	Cálculo II	Curso, taller	48	48	9
3º	Métodos matemáticos I	Curso, taller	48	48	9
3º	Probabilidad y estadística aplicada a la ingeniería	Curso, taller	48	48	9
4º	Métodos matemáticos II	Curso, taller	48	48	9
Total			272	272	51

Física. Como asignaturas obligatorias de física, correspondientes a la etapa básica, tenemos: mecánica clásica, calor, ondas y fluidos, electromagnetismo y óptica. Cada una de estas asignaturas consistirá de una parte teórica, en la cual aprenderán las leyes físicas y los métodos de razonamiento y resolución de problemas (total 256 hrs), y un laboratorio (total 128 hrs), en el cual adquirirán la habilidad de diseñar y llevar a cabo experimentos que les permitan encontrar respuestas a sus preguntas. Finalmente, dado que los problemas de libro de texto distan mucho de los problemas reales, se han incluido tres talleres que informalmente denominaremos *de aterrizaje*, cuyo objetivo es que el alumno utilice sus conocimientos formales como herramienta para analizar y buscar soluciones a problemas reales. En estos talleres, se desarrollarán herramientas y habilidades como son el análisis dimensional, la estimación de órdenes de magnitud, el manejo de unidades, la búsqueda de soluciones prácticas,

la discusión y el trabajo en equipo, y la práctica de utilizar sus conocimientos para el análisis de situaciones de la vida diaria. El número total de créditos en física básica es de 46.

TABLA 2. Asignaturas obligatorias del área de física, dentro de la etapa básica

Semestre	Denominación de la asignatura	Modalidad	Tipo de asignatura		Créditos
			HORAS/SEMANA		
			Teóricas	Prácticas	
2º	Mecánica clásica	Curso, laboratorio	64	32	10
2º	Temas selectos de mecánica clásica	Taller	0	32	2
3º	Calor, ondas y fluidos	Curso, laboratorio	64	32	10
3º	Temas selectos de calor, ondas y fluidos	Taller	0	32	2
4º	Electromagnetismo	Curso, laboratorio	64	32	10
4º	Temas selectos de óptica y electromagnetismo	Taller	0	32	2
4º	Óptica	Curso	64	32	10
Total			256	224	46

Química y biología. Como asignaturas obligatorias de las áreas de química y biología, tenemos: química general, sistemas biológicos, química de compuestos orgánicos y bioquímica I. Todos los cursos consisten de una parte teórica y un laboratorio, con un total de 256 horas teóricas y 128 horas prácticas (40 créditos). En los laboratorios se buscará que los alumnos aprendan las técnicas experimentales y adquieran destreza en el diseño de experimentos.

TABLA 3. Asignaturas obligatorias de las áreas de química y biología, en la etapa básica

Semestre	Denominación de la asignatura	Modalidad	Tipo de asignatura		Créditos
			Horas/semana		
			Teóricas	Prácticas	
1º	Química general	Curso, laboratorio	64	32	10
1º	Sistemas biológicos	Curso, laboratorio	64	32	10
2º	Química de compuestos orgánicos	Curso, laboratorio	64	32	10
3º	Bioquímica I	Curso, laboratorio	64	32	10
Total			256	128	40

Asignaturas complementarias de la etapa básica. Los objetivos globales de este grupo de materias son mantener a los alumnos actualizados en los temas de la nanotecnología (aspectos técnicos, científicos, sociales, éticos, legales, etc.) y fomentar en ellos valores como la responsabilidad social, la conciencia ecológica y el liderazgo. Es necesario que los alumnos se percaten de que el conocimiento avanza a una gran velocidad, que se preparen para adoptar una actitud permanente de aprendizaje y que estén alertas a las oportunidades. Por otro lado, es indispensable que los alumnos desarrollen habilidades de comunicación y expresión, ya que consideramos que éstas son esenciales para un profesionista que desea desarrollarse en un ámbito de competencia. Por lo anterior, durante esta etapa se incluyen talleres de producción escrita y producción oral, en español, y, a la par, se implementará un programa personalizado de enseñanza del idioma inglés, sin créditos, bajo la supervisión del Centro de Enseñanza de Lenguas Extranjeras de la UNAM.

TABLA 4. Materias obligatorias complementarias, correspondientes a la etapa básica

Clave	Denominación de la asignatura	Modalidad	Tipo de asignatura		Créditos
			horas/semana		
			Teóricas	Prácticas	
1º	Ingeniería, nanotecnología y sociedad I	Curso	32	0	4
1º	Producción escrita (español)	Curso, taller	32	32	6
2º	Ingeniería, nanotecnología y sociedad II	Curso	32	0	4
2º	Expresión oral (español)	Curso, taller	32	32	6
3º	Ética para ingenieros	Curso	32	0	4
4º	Desarrollo sostenible	Curso	48	0	6
4º	Análisis económico en ingeniería	Curso	48	0	6
Total			256	64	36

ETAPAS SUBSECUENTES

Aunque en este trabajo nos hemos enfocado en las asignaturas que corresponden a la etapa básica, o lo que podría considerarse como un tronco común de la carrera, quisieramos, por completar la información, esbozar el resto de las asignaturas que hemos considerado. Haremos este análisis en términos de las diferentes etapas.

Asignaturas integradoras profesionalizantes o avanzadas (etapa disciplinaria). Esta etapa tiene lugar durante los semestres 5º al 8º. Durante este periodo el alumno cursará tres tipos de asignaturas: 1) asignaturas integradoras multidisciplinarias en donde el alumno conjuntará los conocimientos adquiridos y los aplicará para entender y manejar técnicas de análisis, síntesis, simulación y manipulación de la materia con énfasis en aplicaciones tecnológicas, lo cual le permitirá generar competencias laborales; 2) asignaturas teóricas y prácticas de carácter ingenieril, las cuales aportarán

al alumno conocimientos y le ayudarán a desarrollar habilidades de diseño, análisis, planeación, administración, liderazgo empresarial, toma de decisiones, etc., y 3) talleres de expresión oral técnica y redacción de textos científicos en inglés (con créditos). Esta etapa consta de 106 créditos obligatorios e incluye las siguientes asignaturas: fundamentos de física moderna, electrónica básica, nanomateriales I y II (síntesis y caracterización), microscopías y espectroscopías I y II (barrido y transmisión), ingeniería de materiales I y II, procesos industriales, relaciones laborales y organizacionales, evaluación de proyectos de inversión, inglés técnico I y II (producción oral y escrita). Esta etapa consta de 106 créditos obligatorios.

Después de haber cursado las asignaturas integradoras, durante los semestres 5º al 7º, el alumno habrá desarrollado habilidades para el trabajo a escalas nanométricas de simulación, diseño, síntesis, caracterización, manufactura, aplicaciones, etc. y habilidades para su desempeño como ingeniero. También, habrá adquirido herramientas útiles para su desempeño, tales como el desarrollo de un razonamiento estadístico y el conocimiento de la probabilidad y estadística aplicadas en el contexto de la ingeniería, la comprensión de la metodología involucrada en los procesos industriales, la evaluación de proyectos de inversión, conocimientos de relaciones laborales y organizacionales, ingeniería de materiales, etc. A la par de las asignaturas integradoras, el alumno cursará materias de especialización de su elección, en alguno de los ejes temáticos previstos, las cuales se mencionan a continuación.

Asignaturas optativas de especialización (etapa de especialización). Las asignaturas de especialización son asignaturas teóricas, prácticas y teóricoprácticas que se agrupan alrededor de tres ejes temáticos: biotecnología, tecnología ambiental y nanoestructuras. El estudiante deberá cursar un mínimo de 50 créditos optativos.

Las asignaturas del grupo de biotecnología buscan dar al alumno las bases de la biotecnología moderna, con especial énfasis en las aplicaciones de la nanotecnología en este campo; consisten en las siguientes: bioquímica II, laboratorio de microbiología, biocatálisis, biología molecular, biomateriales I y II, aplicaciones de la bionanotecnología.

Las asignaturas del eje de tecnología ambiental, además de dar al alumno las bases generales de la ingeniería ambiental, buscan incorporar en su contenido los avances recientes de la nanotecnología; son las siguientes: fisicoquímica, manejo y control de desechos contaminantes, química ambiental, química de materiales, introducción a la ingeniería ambiental I y II y procesos catalíticos.

Las asignaturas del eje de nanoestructuras buscan dar al alumno los fundamentos científicos que le permitan comprender los desarrollos tecnológicos relacionados con la nanotecnología en campos importantes como el desarrollo de nanodispositivos, la nanoelectrónica, computación cuántica, etc.; son las siguientes: física de sistemas de baja dimensionalidad I y II, introducción a la cristalografía, métodos computacionales, nanodispositivos, fuentes alternativas de energía y nanoestructuras de carbono

Es importante resaltar que, aunque todas las asignaturas de los tres ejes de especialización tienen una componente muy importante de nanotecnología, se buscó que aportaran a los estudiantes conocimientos y una visión más general que les permita desempeñarse en trabajos no centrados en la nanotecnología.

Etapa terminal. Finalmente, tenemos la etapa terminal que incluye las asignaturas que permitirán al alumno poner en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de sus estudios, al participar activamente en un problema de investigación y o llevar al cabo una estancia en la industria, y reportar sus resultados de forma verbal y escri-

ta. Al final de esta etapa, el alumno deberá haber escrito una tesina requerida como una de las opciones de titulación. Esta etapa consta de 16 créditos obligatorios consistentes en las asignaturas de estancia de investigación o estancia en la industria e introducción a la investigación,

CONCLUSIONES

Como mencionamos a lo largo del presente trabajo, es importante que el alumno, además de adquirir los conocimientos necesarios, desarrolle diversas actitudes y aptitudes fundamentales para su desarrollo profesional. En este trabajo, hemos presentado una propuesta de plan de estudios basada en el desarrollo de competencias. Para que tengamos éxito en alcanzar el desarrollo de las competencias aquí mencionadas, es necesario que el contenido de las actas descriptivas de los cursos establezca claramente los objetivos a lograr y que se mencionen de forma explícita actividades específicas de reto intelectual, formativas, de análisis, discusión, trabajo en equipo, para que los estudiantes aprendan a pensar, argumentar, reflexionar y decidir con responsabilidad y que sean capaces de hacerlo de forma autodidacta. Consideramos que el programa propuesto puede adaptarse para ser considerado como base para conformar un tronco común para algunas disciplinas de la ingeniería en la que la formación de carácter científico es importante.

BIBLIOGRAFÍA

- Memorias del 3er Foro Nacional de Ciencias Básicas*. 2009. 22 al 24 de abril, Facultad de Ingeniería, UNAM.
- Revista de la Educación Superior*. 1972. ANUIES, vol. 1, núm. 4, octubre-diciembre.
- Shapter, J.G., Hale, P., Maddox, L.M., Ford M.J., Waclawik E.R. 2004. "Enseñanza de la nanotecnología a estudiantes universitarios", *Journal of Materials Education*, vol. 26 (3-4): 191-200
- Wriedt Runne, Karin. 2008. *Guía operativa para la elaboración, presentación y aprobación de proyectos de creación y modificación de planes y programas de estudio de licenciatura*, UNAM.
- Proyecto "Visión 2030" del Gobierno Federal. 2007. En <http://www.vision2030.gob.mx>.