



Análisis comparativo de planes de estudio de ingeniería biomédica: el caso de la Universidad Autónoma Metropolitana

Edmundo G Urbina Medal,*
Joaquín Azpiroz Leehan*

* División Departamento de Ingeniería Eléctrica Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.

Correspondencia:
Joaquín Azpiroz Leehan,
jazp@xanum.uam.mx
Tel. 8502-4569

Artículo recibido: 15/febrero/2007
Artículo aceptado: 30/octubre/2007

RESUMEN

Se presenta un análisis comparativo entre diversos planes de estudio en ingeniería biomédica y el que ofrece la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa (UAM-I). Se estudia la distribución de la carga académica, el tipo de cursos y el número de horas de dedicación necesario para cursar los estudios de licenciatura en la UAM-I y los resultados se comparan con el de distintas instituciones de educación superior de otros países. Se concluye que el plan de estudios en ingeniería biomédica ofrecido por la UAM-I hasta 2006, estaba sobredimensionado y era muy poco flexible. Se plantean diversas opciones para la actualización del currículum, entre las que se incluyen la sustitución de una serie de temas obligatorios por una mayor oferta de cursos optativos de mayor actualidad y acordes con las temáticas de investigación que se siguen en la Universidad.

Palabras clave: Ingeniería biomédica, educación en ingeniería, certificación de licenciaturas.

ABSTRACT

A comparative analysis among different curricula in Biomedical Engineering schools is carried out in order to evaluate probable changes in the Biomedical Engineering curriculum at Universidad Autónoma Metropolitana. The distribution of the types of courses, the number of hours required and the requirements to obtain a BME degree are studied. The conclusions show that the BME curriculum up to 2006 is extremely rigid and excessive. Different modifications are suggested, such as flexibilization, offering a larger series of electives that are up to date and in accordance with the lines of research that are being followed at the University.

Key Words: Biomedical engineering, Engineering education, Certified undergraduate programs.

INTRODUCCIÓN

Desde finales de la década de los noventa, la Universidad Autónoma Metropolitana ha llevado a cabo una serie de análisis sobre la docencia en

general y, como resultado de los mismos, se han establecido políticas orientadas hacia la mejora de la planeación y operación de los procesos de enseñanza-aprendizaje. Esto motivó a un grupo de profesores interesados en la educación en ingenie-

ría biomédica a revisar el plan y los programas de estudio existentes y a plantear alternativas al mismo. Como paso previo a una futura modificación del plan de estudios, se llevó a cabo un estudio comparativo entre el plan de estudios de la UAM y el de otras nueve licenciaturas extranjeras, todas ellas acreditadas por ABET, que es el organismo homólogo del Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería (CACEI). El propósito de esta comparación es determinar qué tanto se acerca la estructura del plan de estudios de la UAM, vigente hasta 2006, con otros programas reconocidos a nivel mundial.

ANTECEDENTES

En la UAM el plan y los programas de estudio en ingeniería biomédica fueron implantados por primera vez en 1974, y se modificaron de manera importante en 1982. Desde entonces, el plan de estudios ha tenido la misma estructura, aunque se le hicieron adecuaciones menores en 1995¹.

Antes de iniciar el diseño del nuevo plan, consideramos que era importante en este contexto analizar si la oferta educativa que se hace está de acuerdo con las líneas de investigación y desarrollo actuales o si es necesario modificar sustancialmente los programas de estudio.

Aun cuando la licenciatura en cuestión ha sido acreditada por el CACEI por un periodo de cinco años, 2004 al 2009, y se le considere como una licenciatura de alto nivel, los datos muestran que hay muchos factores que se pueden mejorar para lograr una calidad aún mayor y para tratar de disminuir los problemas.

Algunos de los elementos positivos de la evaluación de CACEI han sido:

- El reconocimiento de su planta académica que cuenta con 32 profesores de tiempo completo, de los cuales el 94% cuenta con un postgrado (11 doctores y 19 maestros).
- La calidad de los laboratorios de docencia en ingeniería biomédica y para la enseñanza de disciplinas afines.
- La calidad de las investigaciones en los distintos cuerpos académicos que conforman a la planta y la infraestructura disponible en todos estos laboratorios.

Dentro de los comentarios del mismo CACEI que requieren atención son la necesidad de incluir una cantidad significativa de cursos con contenido de

ciencias sociales. En la actualidad sólo hay dos cursos optativos que los alumnos deben llevar, pero no tienen que ser necesariamente de ciencias sociales, sino que pueden ser cursos de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud también.

En la UAM se cuenta con una base de datos que cuenta con la información de todos los egresados desde su fundación en 1974 hasta nuestros días. A partir de esta base de datos se puede obtener información valiosa para un análisis del desempeño de la docencia y los planes de estudio de la UAM para ingeniería biomédica.

Algunos de los datos importantes que se pueden analizar para llevar a cabo una autoevaluación de la docencia en la UAM para la licenciatura en ingeniería biomédica (LIB) son los siguientes:

El número total de alumnos inscritos en la LIB desde 1974 hasta 2005 ha sido de 4,270. De éstos, 2,621 han causado baja definitiva, mientras que 661 han egresado del programa. La eficiencia terminal histórica ha sido del 16%. Esto se compara con los datos proporcionados por el Dr. William Bowen, Presidente de la Fundación Andrew W. Mellon, donde indica que en EUA, la eficiencia terminal a 6 años es del 63%.

El número de alumnos que ha causado baja (reglamentaria y voluntaria) es del 72%. La distribución de los alumnos que han sido dados de baja es la siguiente: 85% se dan de baja en el primer año, 7% en el segundo y 3% en cada uno de los dos últimos años. En la actualidad (junio, 2006), se tiene a 416 alumnos activos.

Distribución del total de bajas de los alumnos periodo 74O-061

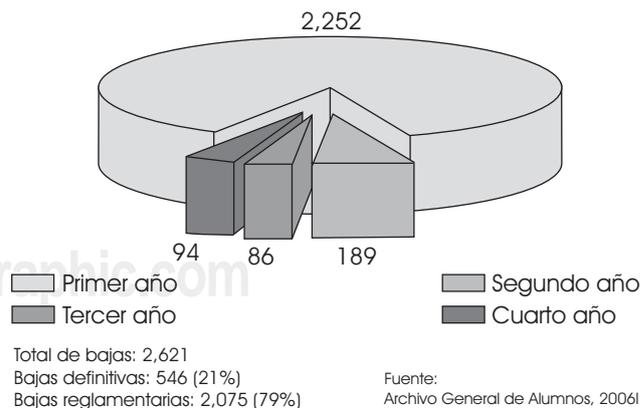


Figura 1. La figura muestra la distribución de las bajas en los últimos 30 años. A partir del segundo año, la distribución de las bajas es mucho más homogénea.

Los tiempos de egreso para los alumnos de IB tienen una moda en 6 años, y una media de 8. Es notable verificar que el número de alumnos que ha logrado terminar sus estudios en el tiempo establecido ha sido de 17 entre todos los más de 4,000 alumnos que se han inscrito a la licenciatura (Figura 2).

Otros datos obtenidos del análisis de la información acerca de la LIB en la UAM son:

El número real de horas de dedicación necesarios para avanzar exitosamente en el plan de estudios es superior a las 40 horas por semana, lo que constituye una carga mayor a una jornada completa de trabajo.

En la Figura 3 se puede observar que la carga en cada trimestre es en casi todos los casos superior a las 40 horas por semana. Estos datos corresponden a los planes de estudio oficiales y no necesariamente corresponden a la realidad. Por ejemplo, se contabilizan todas las sesiones de prácticas de laboratorio como si no requirieran horas de estudio ni preparación. En la realidad es necesario escribir los informes y hacer análisis de los experimentos realizados. De esta manera todos los cursos con laboratorio deberían contabilizarse como los cursos normales de aula: una hora de preparación por cada hora de práctica. En cuanto a la carga para el estudio independiente, se ha considerado que para cada hora de teoría es necesario invertir una hora y media de estudio. El resultado real es que los tiempos requeridos para dedicar al estudio universitario

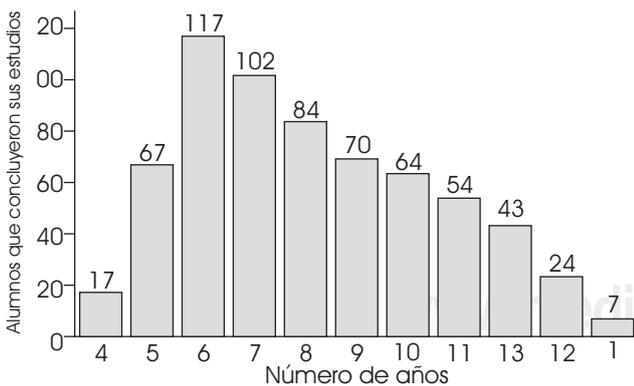
sobrepasan las 50 horas por semana fácilmente. El resultado de este análisis explica por sí mismo el hecho de que para una licenciatura de 4 años, se requieran efectivamente seis.

De la información disponible se ha construido un mapa curricular donde se muestran las materias o unidades enseñanza-aprendizaje junto con sus índices de aprobación históricos. Este mapa se muestra en la Figura 4. De este mapa se desprenden dos conclusiones inmediatas:

Las materias de los primeros trimestres constituyen un verdadero filtro o examen de admisión prolongado. De las siete primeras materias sólo dos tienen un índice de aprobación superior al 60%. Esto está en concordancia con las cifras para la deserción durante el primer año. Es aquí donde se pierde al mayor número de alumnos. En relación con la problemática del primer año (Tronco General de Asignaturas), se ha establecido una comisión Divisinal que ha estado analizando estas problemáticas y proponiendo soluciones. Como esta sección del curriculum corresponde a la división en su conjunto, no será motivo de mayor análisis.

Otra información que se puede obtener de esta gráfica es la seriación extraordinariamente compleja y artificial que obliga al alumno a terminar con

Tiempos de egreso de los alumnos de licenciatura en Ingeniería Biomédica, periodo 740-061



Titulados, egresados y alumnos con estudios concluidos Fuente: Archivo General de Alumnos, 2006l

Figura 2. La figura muestra los tiempos de egreso, donde se observa que la moda de los mismos es de 6 años. Un porcentaje ínfimo logra terminar su carrera en los tiempos reglamentarios.



Figura 3. La figura muestra la carga en horas de trabajo para cada trimestre, considerando los créditos tal y como se marcan en el plan de estudios. De esta manera se rebasan las 40 horas por semana. Estudios internos muestran que en realidad el número de horas sobrepasa las 50 horas por semana.

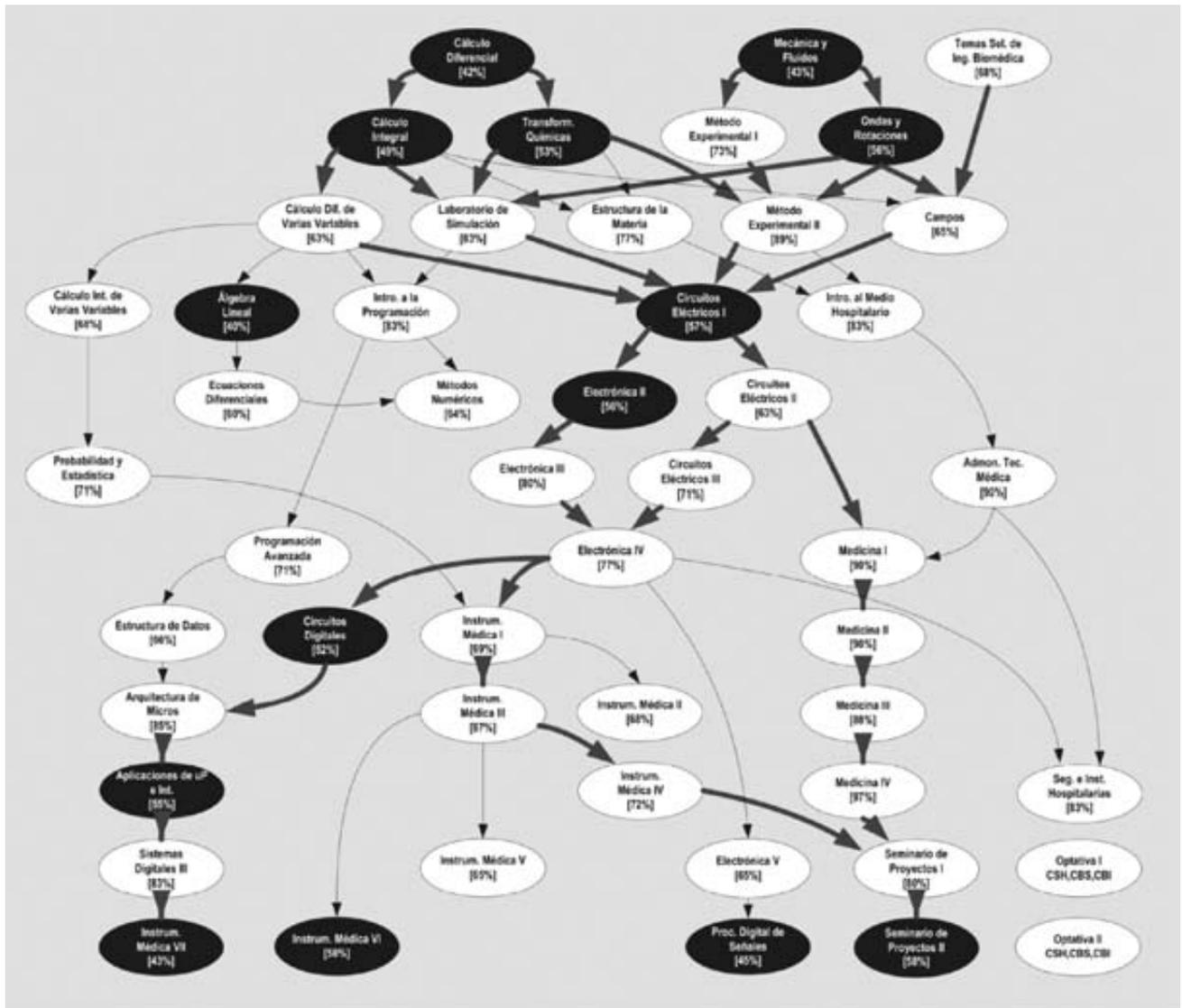


Figura 4. Mapa curricular de la licenciatura en ingeniería biomédica hasta el año de 2005. Se muestran las seriaciones (flechas) y los índices de aprobación. En negro se muestran los cursos problemáticos tanto por su seriación (seriaciones cruzadas en los cuatro primeros trimestres) como por la ruta crítica, donde los alumnos pueden perder la oportunidad de avanzar normalmente en sus cursos si no aprueban alguno, así como los cursos con alto índice de reprobación.

prácticamente todas las materias de un trimestre antes de proseguir. Esta seriación implica tener que aprobar una serie de UEAS aun cuando en la realidad no sean necesarias para poder cursar otras en los trimestres siguientes.

Desde hace cerca de diez años se ha hecho un seguimiento a los egresados de la UAM-I además de efectuar estudios comparativos con otras universidades nacionales, en particular la Universidad Iberoamericana, y la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología (UPIBI) del Instituto Politéc-

nico Nacional. En general se puede decir que el campo de trabajo se ha centrado en el servicio, ventas y mantenimiento de equipo médico tanto desde el punto de vista de un trabajador dentro de un hospital, como dentro de una empresa proveedora de servicios, aunque ha ido aumentando la importancia de puestos de trabajo en gestión de la tecnología médica². Las áreas básicas que se han seguido, de acuerdo a la información proporcionada por la cantidad de cursos impartidos son principalmente instrumentación médica, seguidas de bio-

Cuadro I. Distribución distintos tipos de materias en las universidades analizadas.

	Cath. U.	Duke	Marquette	Rensselaer	Texas A&M	Tulane	Iowa	U. Miami	U. Penn
Física	4	2	3	2	2	3	4	4	3
Química	2	2	3	2	1	3	3	2	2
Matemáticas	5	5	4	3	4	4	4	4	4
Circuitos	1	1	2		1	1	1	1	1
Electrónica	1	2	2		2	1		4	1
Prob/Estadística		1	1		1		1	1	
Computación	1	1	1	1		1	1	1	1
Biol/Fisiología	2	2	3	2	3	2	2	2	3
Instrumentación	1	1	1				2	2	1
Señales/Sistemas	1	1			1			2	1
Proyectos	2		2		2	2	3	2	1
Biomecánica	2	1			1		1	1	2
Biomateriales	1	1			1	1	1	1	1
Fenómenos de transp.	1	1	1		1			1	1
C. Sociales	8	5	5	5		6	5	6	4

mecánica y rehabilitación, además de algo de biomateriales.

En la comparación entre estas tres universidades, se puede observar que comparativamente hablando, el programa de UPIBI es más rígido, pues no ofrece muchas opciones entre los cursos. Es importante hacer notar que ofrece tres cursos de administración, donde uno de ellos se llama Administración de la Conservación Hospitalaria. La UAM ofrece un poco más de flexibilidad, ofreciendo un par de cursos optativos y dos áreas de concentración: instrumentación médica electrónica e ingeniería clínica. El grupo de materias optativas es de alrededor de 6. La UIA ofrece mucho mayor flexibilidad, ya que ofrece una gama más amplia de materias a escoger (seleccionar 68 de 184 créditos). El número de créditos actual de la UIA es de 456 (440 si eliminamos al servicio social), comparado con 518 créditos para la UAM, que tiene un núcleo o tronco de materias para la licenciatura de 452 créditos (es decir, materias sin tomar las optativas ni las del área de concentración). Es importante hacer notar que estos tres programas están acreditados por el CACEI.

Resumiendo, hasta ahora los principales problemas del plan de estudios de la licenciatura en ingeniería biomédica de la UAM son:

- Poca flexibilidad
- Muchos créditos (517 vs 415 en otros lados)
- Seriaciones excesivas
- Poca vinculación entre la docencia y la investigación

Cuadro II. Comparación entre los estudios promedio en distintas universidades certificadas por ABET y los estudios en la UAM-I. Se incluyen datos de dos universidades con un plan de estudios bastante similar al de la UAM.

	Promedio	UAMI	Marquette	U Miami
C. Sociales	4	2	5	6
Optativas	4	4	X	2
Matemáticas	4	4	4	4
Física	3	2	3	4
Química	2	1.5	3	2
Circuitos	2	2	2	1
Electrónica	2	4	3	4
Biol/fisiología	2	2	3	2
Proyecto	2	1.5	2	2
Instrumentación	1	2.75	1	2
Señales/sistemas	1	0.75	0	2
Computación	1	2	0	1
Biomecánica	1	0	0	1
Biomateriales	1	0	0	1
Prob/estadística	1	0.75	1	1
Fen. de transp.	1	0	1	1

METODOLOGÍA

Se analizaron los planes de estudio de las licenciaturas en ingeniería biomédica que estuvieran publicados por la fundación Whitaker (organización privada dedicada al desarrollo de la investigación y la docencia en ingeniería biomédica, que constantemente efectúa reuniones y eventos donde se discute la docencia en este campo) y que con-

taran con una acreditación de parte de ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology). Como los planes se presentan en distintos formatos y con distinta nomenclatura, se clasificaron las materias en distintos grupos generales como matemáticas, física, circuitos eléctricos, etc. El apéndice 1 muestra los datos de las distintas licenciaturas analizadas, ya agrupadas en las disciplinas generales. Como la organización en estas instituciones es con base en periodos semestrales, se guardó ésta para luego efectuar un análisis en función del tiempo promedio que se emplea para la docencia de cada grupo. Los datos finales se presentan en función de semestres o años emplea-

dos. A partir de estos datos, se obtuvo un valor promedio para la docencia en cada grupo, además de que se generó un programa "típico" o "representativo" del conjunto de programas de estudio analizados.

Las Universidades estudiadas fueron:

- Catholic University of America
- Duke University
- Marquette University
- Rensselaer Polytechnic Institute
- Texas A&M University
- Tulane University
- University of Iowa

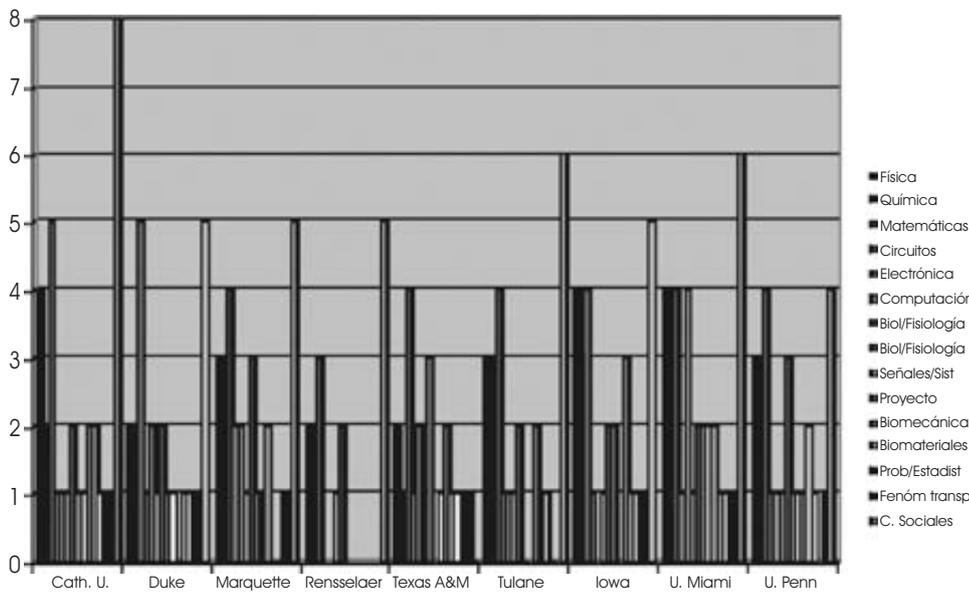


Figura 5. Gráfica de la distribución de cursos en las distintas universidades bajo análisis.

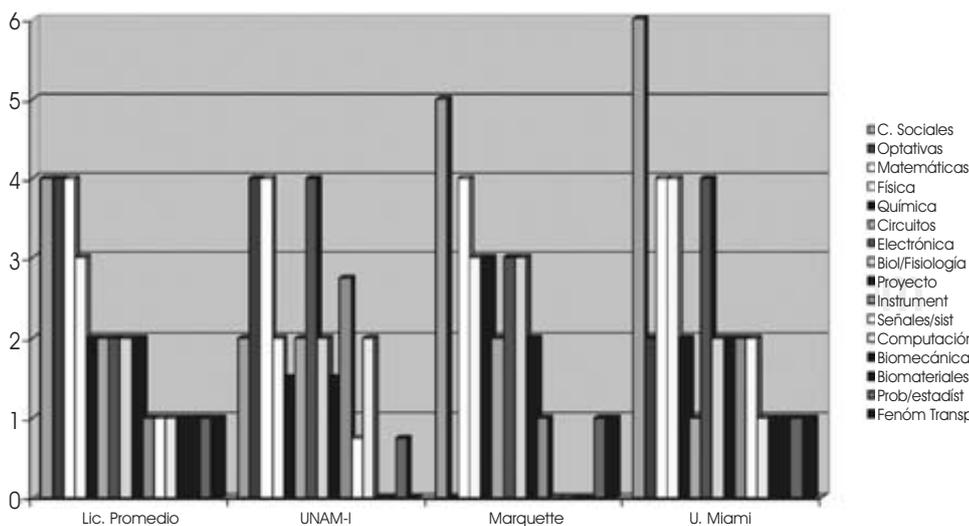


Figura 6. Gráfica correspondiente a la tabla anterior.

University of Miami
University of Pennsylvania

La universidad de Vanderbilt, que se encontraba clasificada dentro del grupo bajo estudio no se incluyó en el análisis, ya que los datos disponibles para este plan de estudio incluían información desde el segundo año de estudios. Debido a esto, no se podían establecer comparaciones con facilidad³⁻¹⁵.

RESULTADOS

Las materias se agruparon de acuerdo a las siguientes categorías:

- Matemáticas (generalmente cálculo diferencial, integral, ecuaciones diferenciales, análisis vectorial y álgebra lineal)
- Física (generalmente mecánica, termodinámica, electromagnetismo)
- Química
- Circuitos eléctricos
- Electrónica analógica y digital
- Computación (generalmente programación en C o C++)
- Biología y fisiología
- Señales y sistemas y procesamiento de señales
- Biomecánica
- Biomateriales
- Probabilidad y estadística
- Fenómenos de transporte
- Optativas de ciencias sociales
- Escritura, redacción, composición

Las materias que no pudieran ubicarse en estos temas no se consideraron en el análisis, aunque se procuró minimizar la ocurrencia de estos eventos, ya sea agregando categorías o intentando clasificar las materias en temas afines.

El Cuadro I muestra las categorías y el número de semestres dedicados en cada plan de estudios para cada una de ellas. Adicionalmente se muestran los valores medios en semestres para cada categoría de materias. Se puede ver que existen tres grupos de materias que se imparten a lo largo de dos años. Éstas son: matemáticas, ciencias sociales y materias optativas que deben tomarse por 4 semestres.

En segundo lugar existe el grupo de materias que se imparte a lo largo de un año o dos semestres. En este grupo se cuenta a: circuitos eléctricos, electrónica analógica y digital, biología/fi-

siología, química y dos semestres de proyecto final. El caso de física es aparte, ya que en promedio se imparten tres cursos (3 semestres o 1.5 años).

Finalmente existe un conjunto de materias comunes entre las universidades, pero que se imparten solamente durante un trimestre. Éstas son: computación, instrumentación, señales y sistemas/procesamiento de señales, biomecánica, biomateriales, probabilidad y/o estadística, fenómenos de transporte y al menos un semestre de materias que tratan sobre escritura, composición y/o escritura científica.

Este agrupamiento de materias proporciona un perfil típico de una licenciatura tal y como se imparte en las universidades acreditadas por ABET.

En el Cuadro II se muestra el ejemplo de una licenciatura promedio de ABET, junto con los datos procedentes de la licenciatura en IB de la UAM-I. Estos datos se presentan en años, una vez que se ha hecho el ajuste entre semestres y trimestres, aunque es necesario hacer notar que una equivalencia completa es difícil de hacer, ya que un trimestre consiste en 11 semanas de curso y 1 semana de exámenes, mientras que un semestre consta de 15 semanas de cursos y 1 semana de exámenes. A lo largo de un año, tres trimestres corresponden a 33 semanas de cursos y 3 semanas de exámenes, mientras que para un año dividido en semestres se tiene 30 semanas de cursos y dos semanas de exámenes. Esto quiere decir que un plan de estudios por trimestres es más intenso, ya que ocupa 4 semanas más por año que un plan por semestres.

DISCUSIÓN

A partir de los datos anteriores, es posible observar que si bien hay una variabilidad importante entre las distintas instituciones de ABET, existen claramente coincidencias en varios grupos de materias. En particular es importante subrayar la importancia que tienen las materias de ciencias sociales para licenciaturas de ingeniería (cuatro o cinco semestres en la mayoría de las universidades).

La existencia de un tronco común puede observarse fácilmente al analizar las materias de los primeros dos años. Existe un común denominador de cursos de física, química, matemáticas, seguidos de otros cursos como electrónica y redes de circuitos eléctricos. Al final de los dos primeros años comienza realmente la etapa formativa, donde se encuentran las materias propias al campo en cuestión¹⁶.

Durante el último año se tiene un curso de diseño o de proyecto final (llamado comúnmente capstone project). Esta estructura además de ser una secuencia lógica donde primero se proporcionan los conocimientos básicos que se podrán convertir en herramientas importantes cuando se cursen los semestres avanzados, permite la transferencia de una universidad a otra, particularmente al fin del segundo año.

Las materias dentro de la UAM siguen una secuencia similar al promedio de las acreditadas, con algunas excepciones:

1. Las materias de ciencias sociales no alcanzan ni la mitad de los valores promedio para ABET.
2. No se incluyen materias de apoyo a la redacción o escritura de informes, cuando en otras universidades se tiene en promedio 1.5 semestres dedicados a estos cursos.
3. No se imparten materias ni de biomecánica, biomateriales, ni de fenómenos de transporte.
4. Existen más cursos de electrónica analógica y digital, además de haber muchos cursos de instrumentación.

Se podría inferir de estos resultados que debido a la falta de personal con conocimientos de biomecánica y biomateriales, la licenciatura en IB fue desarrollando una personalidad con bases en la instrumentación médica y recientemente, en ingeniería hospitalaria. Sin embargo, aun cuando se efectúa una comparación con universidades con planes de estudio semejantes al de la UAM-I, como serían los de las universidades de Marquette y de Miami, se observa que las partes de instrumentación y de computación están sobredimensionadas. De la misma manera, se puede observar que en la combinación circuitos y electrónica, tiene valores iguales a los máximos en cada disciplina, cuando estos valores no corresponden a la misma universidad dentro del conjunto de las universidades analizadas, aunque en balance, los cursos de circuitos, señales y sistemas y procesamiento de señales tal y como se proponen en la adecuación parecen correctos. Cuando se considera al conjunto de materias optativas como incluyendo las materias del área de concentración, más las materias optativas de CBI, parece que se establece un equilibrio con las demás instituciones. En todo caso, se sugeriría que existiera una real posibilidad de escoger entre distintos cursos. En otro tema, la cantidad de cursos que se deben tomar en la UAM es muy superior a aquéllos en las universidades certificadas por ABET.

De los datos de la Whitaker Foundation, se puede encontrar que la media para EUA son 130 horas crédito en un esquema semestral. Se emplea un factor de corrección de 0.66 ó 0.7 para pasar de trimestres a semestres. Dentro de la UAM, 45 créditos en un trimestre corresponden a 3 materias de 12 créditos y una de 9. Esto típicamente se hace en 18 horas de teoría y 9 horas de práctica = 27 horas en la Universidad. Esto normalmente se traduce en semestres a $27 \times 0.7 = 19$ horas crédito en EUA. Lo normal es tener unas 15 horas crédito, así que 19 es como tener una materia más por semestre (con laboratorio)^{17,18}.

Al final de 4 años, se tienen 8 materias más semestrales = $8 \times 1/0.7 = 11.2$ materias más (trimestrales); es decir, casi un año más de clases. En créditos sería como tomar una licenciatura de 16 horas crédito adicionales, 146 en lugar de 130 (once por ciento más). Estos datos concuerdan con la comparación hecha con el programa actual de la UIA, donde se tiene un número actual de créditos para la UAM de 518 contra 440 para la UIA. Esto es, 78 créditos más, que podrían ser equivalentes a unas 7 materias.

Ahora falta ver cómo se considera el balance trabajo en clase/trabajo en casa. Según Cleveland State University y otras, una hora de curso debe complementarse con dos o tres horas de trabajo en casa. Una sesión de 2 ó 3 horas de laboratorio deben complementarse con una hora de trabajo en casa. así, una materia de 12 créditos de la UAM, sería una materia de 17.5 créditos bajo los criterios de ABET (cuarenta y cinco por ciento más).

En resumen, el programa de la licenciatura en ingeniería biomédica vigente hasta mayo de 2006 está sobredimensionado, tanto en el número de materias como en el número de horas de dedicación por semana. Este sobredimensionamiento es como de un 30%. Nuestras licenciaturas de 500 créditos podrían quedar de unos 350 y pasarían como una licenciatura normal en EUA. Digamos que una licenciatura de 400 créditos sería una de las licenciaturas largas que ofrecen diplomas duales electrónica/biomédica.

CONCLUSIONES

En estas épocas de gran crecimiento de la demanda de empleo sería importante plantear la posibilidad de buscar nuevas temáticas y tecnologías donde los egresados pudieran desarrollarse profesionalmente, abriendo opciones distintas a las de mantenimiento, ventas, servicio y trabajo hospita-

lario. Un ejemplo de enfoques diversos es la oferta en materias optativas hecha por la U. Iberoamericana, donde es necesario escoger 4 materias de un bloque de 24 (una de cada tres).

Como ejemplo de opciones actuales, se enlista a continuación las temáticas que se siguieron en el 25 Congreso Internacional de Ingeniería en Medicina y biología de IEEE:

- Sistema cardiovascular
- Imagenología y procesamiento de imágenes
- Ingeniería molecular, celular y de tejidos
- Ingeniería de la información biomédica
- Ingeniería de la rehabilitación y los sistemas neuromusculares
- Ingeniería y sistemas neurales
- Procesamiento de señales biológicas
- Modelado de sistemas fisiológicos
- Instrumentación, mediciones y sensores
- Educación en ingeniería biomédica
- Ingeniería clínica y administración de la tecnología
- Micro y nanotecnologías en ingeniería biomédica

Para balancear la oferta de cursos y no tener una orientación tan directa hacia la instrumentación clásica, podría contemplarse a futuro la orientación hacia la imagenología y procesamiento de señales e imágenes como opción complementaria, aprovechando la experiencia de distintos profesores en investigación de alto nivel en estos campos. Adicionalmente se deben explorar otros campos como la informática médica, que incluiría la modelización de sistemas biológicos; las micro y nanotecnologías, así como la interacción entre la electrónica, los sensores, la computación y la ingeniería genética.

En la actualidad existe un renacimiento en la instrumentación médica, particularmente en el desarrollo de nuevas tecnologías que generen aplicaciones e instrumentos novedosos a nivel mundial y en este terreno es necesario poner en práctica las ideas de reforzar la docencia a partir del trabajo de investigación que se desarrolla en los distintos laboratorios. Es necesario incluir en estas ideas al desarrollo de proyectos en conjunto con empresas de bases tecnológicas que puedan

fortalecerse con desarrollos innovadores en laboratorios de la universidad.

La actualización del plan de estudios de IB debe ser un proceso continuo, pero en estos momentos, ya debe preverse la orientación que tendrá la IB dentro de los próximos 5-10 años. Es necesario contar tanto con un mecanismo de evaluación continua de los resultados docentes para aplicar un esquema de adecuación anual del programa educativo bajo estudio, así como con un sistema que nos permita evaluar nuevas tecnologías y tendencias para estar siempre al tanto de diseños y desarrollos novedosos a nivel mundial.

BIBLIOGRAFÍA

1. Velazquez A, Gallegos SH, Azpiroz JV. Biomedical engineering education in Mexico: 20 Years of experience, proc. World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, Rio de Janeiro, Brasil, 1994 Physics in Medicine and Biology 1994; 39a(2): 780.
2. Valenti G, González RO. (Coordinadoras). Los estudiantes de la UAM frente al mercado de trabajo. Ed. UAM, México D.F., 1995.
3. Programas académicos. <http://www.whitaker.org/academic/>
4. Catholic University of America. <http://engineering.cua.edu/biomedical/index.html>
5. Duke University. <http://bme-www.egr.duke.edu/undergradprog.php>
6. Instituto Politécnico Nacional-UPIBI. <http://www.uia.mx/ibero/prog/carreras/biomedica/>
7. Marquette University. http://www.eng.mu.edu/departments/bien/programs/undergraduate_program.html
8. Rensselaer Polytechnic Institute. <http://www.rpi.edu/dept/catalog/00-01/Engineering/Depts/biomed.html#ugrad>
9. Texas A & M University. <http://biomed.tamu.edu/>
10. Tulane University. <http://www.bmen.tulane.edu/info/bluebook/index.html>
11. Universidad Autónoma Metropolitana. <http://www.uia.mx/ibero/prog/carreras/biomedica/>
12. Universidad Iberoamericana. <http://www.uia.mx/ibero/prog/carreras/biomedica/>
13. University of Iowa. http://www.engineering.uiowa.edu/~bme/students/current/undergrad_courses.html
14. University of Miami. http://www.miami.edu/UMH/CDA/UMH_Main/1,1770,11852-3,00.html
15. Vanderbilt University. <http://www.bme.vanderbilt.edu/undergraduate/courses.html>
16. Magin RL, Desai TA. Cure for bioengineering? A new undergraduate core curriculum. http://www.uic.edu/depts/bioe/mainpg_ungrad.htm
17. Conversión de horas crédito a trimestres. <http://www.csuohio.edu/semtran/toc.htm>
18. Definición de horas crédito. <http://www.auburn.edu/semesters/stdhrs.html>
<http://www.cloud.edu/gcc/define.htm>