



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROYECTO DE CREACIÓN
DEL PLAN DE ESTUDIOS DE LA LICENCIATURA
EN INGENIERÍA EN SISTEMAS BIOMÉDICOS**

**TÍTULO QUE SE OTORGA:
INGENIERO (A) EN SISTEMAS BIOMÉDICOS**

FECHA DE APROBACIÓN DEL CONSEJO TÉCNICO: _____

FECHA DE APROBACIÓN DEL CONSEJO ACADÉMICO DEL ÁREA DE LAS CIENCIAS
FÍSICO- MATEMÁTICAS Y DE LAS INGENIERÍAS: _____

FECHA DE APROBACIÓN DEL CONSEJO UNIVERSITARIO: _____

TOMO I

1	PRESENTACIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1.1	Antecedentes	7
2	FUNDAMENTACIÓN DEL PLAN	10
3	METODOLOGÍA	34
4	PLAN DE ESTUDIOS	38
4.1	Objetivos	38
4.1.1	De la Facultad de Ingeniería	38
4.1.2	Del plan de estudios	38
4.2	Perfiles	38
4.2.1	De ingreso	38
4.2.2	Intermedios	39
4.2.3	De egreso	39
4.2.4	Perfil profesional	40
4.3	Duración de los estudios, total de créditos y de asignaturas	41
4.4	Estructura del plan de estudios	42
4.5	Mecanismos de flexibilidad	43
4.6	Seriación	45
4.7	Tablas de asignaturas o módulos por semestre o año	47
4.8	Mapa curricular	62
4.9	Requisitos	65
4.9.1	De ingreso	65
4.9.2	Extracurriculares y prerrequisitos	66
4.9.3	De permanencia	66
4.9.4	De egreso	67
4.9.5	De titulación	67
5	CONDICIONES PARA LA IMPLANTACIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS	69
5.1	Recursos humanos	69
5.2	Infraestructura	72
5.3	Tabla de equivalencia	73
5.4	Tabla de convalidación	74
6	EVALUACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS	75
7	ANEXOS	79
	Anexo 1: Programa de Movilidad Estudiantil para alumnos de licenciatura de la Facultad de Ingeniería.	84

Anexo 2: Reglamento de Opciones de Titulación para las Licenciaturas de la Facultad de Ingeniería.	84
Anexo 3: Reglamento de los Comités de Carrera de la Facultad de Ingeniería.	84
Anexo 4: Acta y oficio de aprobación del Consejo Técnico con los acuerdos de aprobación del proyecto del plan de estudios.	84
REFERENCIAS.....	79

1 PRESENTACIÓN

La Facultad de Ingeniería de la UNAM es la institución con la tradición más rica en la formación de ingenieros en el continente americano. Con una matrícula actual de 14 mil alumnos de licenciatura en doce carreras y un millar de estudiantes en cuatro programas de posgrado. Anualmente, la Facultad titula a más de 1,000 ingenieros y gradúa a más de 200 especialistas y maestros, y del orden de 40 doctores en Ingeniería.

Atenta a las necesidades dinámicas del país, la Facultad ha tenido una permanente actualización de sus planes y programas de estudios y, conforme a la evolución tecnológica de las últimas décadas, ha venido creando nuevas licenciaturas en áreas de desarrollo estratégico. Todos los programas académicos de la Facultad de Ingeniería incluyen asignaturas de carácter sociohumanístico y todas las licenciaturas que se imparten cuentan con la acreditación otorgada por el Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, A. C., CACEI.

En el ánimo de ubicar objetivamente la aportación actual de la Facultad de Ingeniería de la UNAM al país, en materia de formación de ingenieros, sin ser nada desdeñables su tradición y sus logros, el hecho objetivo es que hoy solamente menos de un 2% de los nuevos ingenieros que produce México egresan de esta Facultad y no el 40% o 50% como ocurría hace cinco o seis décadas. Es claro que a la satisfacción de la demanda nacional de ingenieros están contribuyendo cada vez más las instituciones de educación superior de las distintas entidades federativas del país, al consolidarse las universidades públicas y privadas estatales, el sistema de los institutos tecnológicos y otros organismos educativos. En este contexto, el quehacer de la Facultad de Ingeniería de la UNAM en la formación de ingenieros debe seguir apostando más por la calidad de sus egresados y no tanto por su cuantía.

Existe una íntima relación entre el desarrollo de un país y las capacidades de su ingeniería para producir los satisfactores que demanda su población. Los avances científicos y tecnológicos que se van alcanzando, el desarrollo de los mercados de bienes y servicios y la necesidad de incorporar nuevas técnicas a la práctica de la ingeniería señalan nuevos rumbos para el ejercicio de la profesión, lo que no debe enmarcarse solamente en el ámbito nacional, ya que la realidad de la globalización y el crecimiento del libre comercio apuntan a desarrollos profesionales de los egresados de ingeniería en entornos locales e internacionales de elevada competitividad.

El paradigma de la ingeniería en sus diferentes especialidades ha cambiado drásticamente en los últimos años. El avance científico y tecnológico ha incidido en la diversificación del espectro de aplicaciones ingenieriles y, consecuentemente, en las necesidades de formación de sus profesionales. El reto actual, en materia de formación de ingenieros, radica en poder brindar a la sociedad profesionistas con nuevas habilidades para el diseño, construcción, fabricación y operación de sistemas y productos con mayor valor agregado de tecnología y más eficientes en su función, a los menores costos posibles. Los nuevos ingenieros requerirán profundizar su conocimiento disciplinar, potenciar sus capacidades

de información y desarrollar su creatividad para adaptarse a escenarios cambiantes.

Contar con la organización académica, la planta docente y los planes de estudio para la formación de ingenieros que respondan en todo momento a la evolución de los requerimientos de la sociedad y a los acelerados avances tecnológicos es un permanente anhelo de las instituciones de educación superior responsables de esa misión. En escuelas de ingeniería con las dimensiones de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, y con la variedad de programas de licenciatura que se ofrecen, el deseo de mantener actualizado el currículum presenta desafíos muy especiales. Los ingenieros en formación deben desarrollar competencias de innovación tecnológica, y los planes de estudio, por lo tanto, responder a esta demanda con programas académicos actualizados.

México requiere hoy, en materia de formación de ingenieros, profesionales innovadores, creadores de tecnología y emprendedores; conocedores de los principios de la ingeniería y con ideas claras sobre el modelado matemático de fenómenos físicos y la optimización de procesos productivos; abiertos al autoaprendizaje, a la interdisciplinariedad y al uso de nuevas herramientas tecnológicas; con formación más que con información; con capacidad de comunicación oral y escrita; con bases para desarrollar su juicio profesional, su sensibilidad social y su convicción ética. En síntesis, con potencialidad y vocación para constituirse en factor de cambio.

Continuar en correlación con las necesidades de una sociedad, en ocasiones, no solo depende de las modificaciones a los planes de estudio existentes, sino de la creación, planeación e implementación de uno nuevo. El objetivo de la creación de un nuevo plan de estudios es formar ingenieros aptos para la innovación tecnológica en un mundo globalizado, interconectado y altamente competitivo, al servicio de una nación que debe establecer una estrategia de desarrollo.

Han pasado décadas en las que los ingenieros han adaptado sus conocimientos al área médica, mediante capacitación externa e incluso autodidacta para cubrir la necesidad de trabajar con equipo y personal médico, de manera que la creación de la carrera de Ingeniería en Sistemas Biomédicos, solidificará las posibilidades de que el egresado sea capaz de satisfacer dichas necesidades con carácter holístico.

Gran parte de la investigación y de las innovaciones tecnológicas en el mundo se dan en el campo de la medicina, es por ello que se dice que algunos de los principales indicadores del desarrollo de un país es la salud de su población, la infraestructura médica con la que cuenta, la innovación, el desarrollo y la facilidad de acceso que tenga toda la población a los servicios de salud.

El concepto de Ingeniería en Sistemas Biomédicos se diferencia del concepto de Ingeniería Biomédica fundamentalmente en que la primera no incluye los aspectos de biología e ingeniería celular y de tejidos, que es el área principal de estudio de la Ingeniería Biomédica en el mundo.

La Ingeniería en Sistemas Biomédicos desempeñará un papel importante dentro del Sector Salud Nacional (público y privado), y propiciará el desarrollo tecnológico de los dispositivos médicos y la incorporación de la logística, administración o planeación. Asimismo, repercutirá en el sector industrial (industria de tecnología biomédica), donde podrán generarse empresas que satisfagan necesidades que actualmente cubren las importaciones, por citar algún ejemplo.

Los ingenieros en sistemas biomédicos, egresados de la Facultad de Ingeniería deberán ser útiles a la sociedad desarrollando tecnología que permita realizar diagnósticos más acertados, brindar herramientas para facilitar la vida de las personas con alguna discapacidad física, innovar equipo que haga más fácil, preciso y eficiente el trabajo del personal médico, supervisar la correcta operación y el desempeño de la tecnología médica, optimizar la distribución de servicios médicos. Todo esto a través de tecnologías de control de precisión, robótica, desarrollo de software y diseño; pero sobre todo, un conocimiento real y profundo del funcionamiento del cuerpo humano y de las necesidades del médico, del paciente y del sistema de salud del país.

Las necesidades del país en las que este ingeniero tendrá un papel fundamental en su solución, se pueden resumir en los siguientes grupos:

- Investigación e innovación en tecnología médica
- Desarrollo de la industria médica
- Mejora de servicios y equipos biomédicos

En este documento se presenta el proyecto de creación de la carrera de Ingeniería en Sistemas Biomédicos de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. En la primera sección se describen los antecedentes del plan de estudios, en la segunda sección se presenta la fundamentación académica del proyecto contemplando los siguientes puntos: demandas del contexto, el estado actual y tendencias futuras de las disciplinas que abarca el plan de estudios, la situación de la docencia y la investigación en los niveles institucional y de la entidad, el análisis de planes de estudio afines, las características actuales y tendencias futuras de la formación profesional, los retos que enfrentará el plan de estudios. En la tercera sección se aborda la metodología empleada.

En la cuarta sección se presenta la propuesta del plan de estudios, considerando: el objetivo general del plan de estudios, los perfiles de ingreso, de egreso y el profesional, así como la duración de los estudios, total de créditos, la estructura y organización del plan de estudios, los requisitos de ingreso, de permanencia, de egreso y de titulación.

La quinta sección se refiere a la implantación del plan de estudios, sus criterios, los recursos humanos, la infraestructura y recursos materiales con que se cuenta.

Finalmente, en la sexta sección se indican el plan de evaluación y actualización del plan de estudios propuesto.

1.1 Antecedentes

Algunos datos históricos asociados a la Ingeniería en Sistemas Biomédicos, se remontan a los primeros humanos que deseaban ayudar a sus congéneres, lo cual se manifiesta por ejemplo en el hallazgo de un dedo de madera de 3000 años de antigüedad con fines protésicos. Más cercano a la era actual, un legado del médico francés Rene Laennec, en 1816, fue el principio que dio paso al estetoscopio moderno. Los antecedentes asociados a dispositivos biomédicos están ligados al desarrollo de la instrumentación eléctrica y electrónica. En 1887, A.D. Waller realizó registros eléctricos de corazones humanos. En 1895 Wilhelm Conrad Roentgen descubrió los rayos X usando tubos de descarga de gases. Más adelante, William Einthoven desarrolló el electrocardiograma en 1903. Fue en 1924 que Hans Berger registró señales electroencefalográficas en humanos. La instrumentación electrónica a partir de tubos de vacío se empleó por Lovett Garceau para amplificar estas señales eléctricas y el primer sistema de electroencefalógrafo comercial de tres canales fue construido por Alfred Grass en 1935. Otras aportaciones como el respirador artificial, la medicina nuclear, algunos sistemas de imágenes como la tomografía o la resonancia magnética, han evolucionado desde entonces [0].

A principios del siglo XX los ingenieros diseñaban y construían equipo para los hospitales de aquella época, pero no los operaban. El personal encargado de dicho equipo eran técnicos, electricistas o personal médico que tuviera habilidad con las máquinas. Ocasionalmente se les daba capacitación, considerando que eran sistemas simples que no requerían gran instrucción. Con el tiempo, los equipos se volvieron más especializados y las personas que las operaban necesitaron mayor formación. Cerca de la Segunda Guerra Mundial, el campo del equipo médico era tan especializado que a los participantes se les reconoció con el título de Técnico en Equipo Biomédico (*BioMedical Equipment Technician, BEMT*). Desde entonces se ha propuesto que exista algún profesionalista encargado no sólo de operar y dar mantenimiento a equipo médico, sino también de diseñarlo [39]. Actualmente es común encontrar en diversas instituciones del mundo planes de estudio a nivel técnico o licenciatura que cubren los aspectos que relacionan la ingeniería con el equipo médico.

En México, el inicio de la ingeniería aplicada a la medicina tiene sus raíces con Arturo Rosenblueth, Walter B. Cannon y Norbert Wiener quienes alrededor de 1945 fueron los pioneros en la cibernética en este país. Más adelante Joaquín Remolina López (graduado como médico cirujano) se formó como fisiólogo en las Universidades de Cincinnati y de Nueva York. A su regreso a México, se incorporó al CINVESTAV (Centro de Investigación Avanzada) donde fundó la especialidad en Bioelectrónica en 1972 [2].

El Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) en 1965 fundó el primer departamento dedicado al mantenimiento y servicio de equipo médico en México, denominado la Oficina de Conservación de Equipos Médicos. Bajo las órdenes del ingeniero Miguel E. Schulz, se crea un equipo de trabajo integrado principalmente por ingenieros en electrónica, con formaciones específicas en diversos tipos de instrumentación médica, el sistema pudo dar mantenimiento al IMSS [0].

Con la búsqueda de innovaciones y el deseo de participar directamente en el desarrollo nacional se favoreció el inicio de nuevas carreras entre las que se encuentra Ingeniería Biomédica.

En 1973, la Universidad Iberoamericana ofreció primero una opción terminal de Ingeniería Biomédica (último año de la licenciatura de Ingeniería Electrónica) y después el título de Ingeniero Biomédico. Esta nueva licenciatura fue iniciada por el ingeniero Juan Vargas Sierra, y posteriormente por el Dr. Arthur Sanderson, de la Universidad Carnegie-Mellon, EUA, quien dio un fuerte impulso al área de Biomecánica [0].

En 1976, Enrique Hernández Matos, quien regresó de Alemania con un diplomado en Ingeniería Biomédica y varios médicos colaboradores, fundaron el primer departamento de Ingeniería Biomédica en el Hospital General 20 de Noviembre de la Ciudad de México. Esta fue la primera vez que se contó con ingenieros biomédicos dentro de un hospital en México. Para finales de los años setenta los hospitales públicos habían seguido el ejemplo y posteriormente lo hicieron los privados [2].

Es importante citar al Departamento de Informática Médica del Instituto Nacional de Cardiología, fundado en 1975 por el Dr. Carlos García Moreira y el Dr. César González Beltrán, que posteriormente fue el laboratorio de Instrumentación Electromecánica en el mismo Instituto en 1984. Este grupo fue la semilla de otros más como el grupo del Centro de Desarrollo y Aplicaciones Tecnológicas del ISSSTE en 1986.

En la UNAM, a partir del grupo fundado por Dr. Arturo Rosenblueth en el Instituto de Cardiología, la Maestra Gertrudis Kurz e Ismael Espinosa iniciaron trabajos de investigación en cibernética. Más adelante sus alumnos Francisco Cervantes y Rolando Lara, terminaron su formación en el extranjero y su influencia y sus aportaciones a nivel nacional han sido notables. Parte de este grupo, junto con alumnos del Dr. García Moreira en la Facultad de Ciencias, continúan con varias líneas de investigación afines a la cibernética y la biofísica. En la actualidad, en la Facultad de Ingeniería, existe un módulo terminal de Ingeniería Biomédica para alumnos de diversas ingenierías: Mecánica, Eléctrica-Electrónica y Computación.

Antecedentes de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos en la UNAM

En la UNAM se cuenta con institutos y facultades que facilitan la generación de proyectos o líneas de investigación tan variadas como el mismo tinte pluricultural que tiene esta institución. En los institutos de Física, de Investigaciones Biomédicas y de Fisiología Celular, por nombrar algunos, cuentan con líneas de investigación tales como instrumentación biomédica, ingeniería molecular de biomateriales (biopolímeros), procesamiento de imágenes, micromecánica para tecnologías médicas, caracterización y síntesis de biomateriales, entre otros. Las facultades de Ingeniería, Ciencias, Derecho, Administración, Medicina, Química, Arquitectura, y de Estudios Superiores de Cuautitlán, tienen en conjunto más de 40 proyectos cuyos temas principales son biomecánica, biomateriales, biomecatrónica, instrumentación biomédica, informática médica,

imagenología, logística hospitalaria, diseño de equipo médico, bioética, regulación y normatividad, entre otros.

Las tesis publicadas hasta abril del 2013 en la UNAM, relacionadas con los Sistemas Biomédicos son 380 y se distribuyeron en las siguientes áreas: 37 en Logística Hospitalaria, 51 de Biomecánica, 24 de Biomateriales, 88 de Instrumentación Biomédica, 10 en Control, 4 en Educación, 71 sobre Diseño, 6 de Sociales (ética), 9 de Imagenología, 59 de Informática Médica y 21 de Instalaciones Hospitalarias. [40]

En la Facultad de Ingeniería desde hace más de veinte años se han realizado proyectos relacionados con la Ingeniería en Sistemas Biomédicos. Para indicar algunos ejemplos se mencionan los siguientes: en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica (CDMIT) y el Departamento de Ingeniería Mecatrónica se han diseñado bomba de drenado gástrico, esterilizador con control microcomputarizado para uso hospitalario, sistema para lavado y entalcado de guantes quirúrgicos, prótesis infrarrotuliana, sistema de respiración para terapia intensiva, incubadora para bebés en terapia intensiva, y se cuenta con las líneas de investigación y desarrollo tecnológico en ingeniería para el bienestar y de diseño de prótesis mecatrónicas inteligentes. En la Unidad de Investigación y Asistencia Técnica en Materiales (UDIATEM) se ha realizado diseño de implantes protésicos para cadera, rodilla y columna vertebral y se cuenta con las líneas de investigación en caracterización de biomateriales y de biomecánica de la marcha. En la División de Ingeniería Eléctrica se han realizado proyectos en las áreas de imagenología médica, procesamiento de señales biológicas y caracterización de sensores.

Desde el año 2001 se cuenta con el módulo terminal de Ingeniería Biomédica en las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Mecánica y en Computación. Se cuenta desde noviembre del 2005 con un Capítulo Estudiantil de Ingeniería Biomédica asociado a la Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS) y al Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) [21].

2 FUNDAMENTACIÓN DEL PLAN

Requerimientos internacionales, nacionales e institucionales que contemplan el crecimiento en el área de ingeniería en sistemas biomédicos en México

En el “Programa Sectorial de Salud 2007-2012” se manifiestan como las estrategias para mejorar el servicio de salud en el país *el financiamiento y establecimiento de políticas para la renovación y mantenimiento de equipo médico mediante el desarrollo de áreas de ingeniería biomédica en las unidades de atención a la salud* **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**[35].

Por otro lado en el “Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012” se menciona que se destinarán recursos para *asegurar recursos humanos, equipamiento, infraestructura y tecnologías de la salud*, con el objetivo de mejorar la calidad de los servicios hospitalarios. Además, con el fin de ampliar la cobertura de servicios de salud se invertirá en unidades móviles y el impulso a la telemedicina; esta última requerirá de ingenieros en el área [34]. En el “Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018” se continúa con el enfoque, mediante la estrategia 2.3.4 *Garantizar el acceso efectivo a servicios de salud de calidad. Instrumentar mecanismos que permitan homologar la calidad técnica e interpersonal de los servicios de salud y Desarrollar y fortalecer la infraestructura de los sistemas de salud y seguridad social públicos* [36].

Asimismo, en el “Programa Nacional de Salud, PRONASA 2007-2012” se busca desarrollar instrumentos de planeación, gestión y evaluación para el Sistema Nacional de Salud, e incorporar personal que evalúe las *tecnologías para la salud*, incluyendo ampliar el acceso a la atención médica a través del uso de sistemas de telesalud, donde pueden laborar ingenieros propiamente instruidos[35].

Dentro de este plan se incluyen otras estrategias como el incremento de infraestructura y equipamiento necesario, con lo cual se impulsa el financiamiento y establecimiento de políticas para la renovación y mantenimiento de equipo médico mediante el desarrollo de áreas de ingeniería biomédica en las unidades de atención de la salud.

Cabe señalar que estos planes obedecen a la petición de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en su resolución WHA60.29 hecha en mayo de 2007 [27], en la que se solicita a los estados miembros que:

- Recopilen, verifiquen, actualicen e intercambien información sobre tecnologías sanitarias¹, en particular dispositivos biomédicos, a modo de instrumento auxiliar para jerarquizar las necesidades y asignación de recursos;

¹La definición que da la OMS para “Tecnologías para la Salud” o “Tecnologías Sanitarias”, es la “*aplicación de conocimientos teóricos y prácticos estructurados en forma de dispositivos, medicamentos, vacunas, procedimientos y sistemas elaborados para resolver problemas sanitarios y mejorar la calidad de vida*”.

- Formulen, según proceda, estrategias y planes nacionales para la implantación de sistemas de evaluación, planificación, adquisición y gestión de tecnologías sanitarias, en particular de dispositivos biomédicos, en colaboración con personal dedicado a la evaluación de las tecnologías sanitarias y la ingeniería biomédica;
- Elaboren directrices nacionales o regionales sobre prácticas adecuadas de fabricación y reglamentación, instituyan sistemas de vigilancia y otras medidas para garantizar la calidad, seguridad y eficacia de los dispositivos biomédicos y, cuando corresponda, participen en la armonización internacional;
- Establezcan, si es necesario, instituciones de tecnologías sanitarias de ámbito regional y nacional, y colaboren y creen alianzas con los dispensadores de atención a la salud, la industria, asociaciones de pacientes y organizaciones de carácter profesional, científico y técnico.
- Reúnan información que relacione los dispositivos biomédicos relativos a problemas de salud pública prioritarios en diferentes niveles de atención, y en distintos contextos y entornos, con la infraestructura, los procedimientos y los instrumentos de referencia necesarios.

El Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud (CENETEC), en su Programa de Acción Específico 2007-2012 sobre “Gestión de Equipo Médico”[6], aborda los problemas referentes al equipo médico en México, el poco personal especializado que los manipula, mantiene y gestiona, por lo que plantea retos a la comunidad y al país en general para la formación de recursos humanos especializados y capacitados en gestión, diseño, manutención de equipo médico de hospitales tanto públicos como privados.

En particular, esta organización propone estrategias para la gestión de equipo médico y son las siguientes:

1. Establecer alianzas y vínculos que favorezcan el carácter normativo de los documentos, lineamientos y políticas generados.
2. Elaborar en CENETEC lineamientos y políticas para la gestión de equipo médico
3. Establecer alianzas, convenios y grupos de trabajo con el sector académico.
4. Promover e impulsar la adopción de áreas de Ingeniería Biomédica y su desarrollo, en las unidades médicas y en los sistemas de atención a la salud con énfasis en el sector gubernamental y en los servicios de salud estatales.

Por otra parte en la Norma Oficial Mexicana, NOM-240-SSA1-2012 Instalación y operación de la tecnología, en su disposición 6.5, se solicita la intervención de profesionales en el área biomédica para la tecnovigilancia²: *Los centros institucionales*

² Tecnovigilancia es la garantía de que los dispositivos médicos que se encuentran disponibles en el mercado funcionen de la manera indicada conforme a la intención de uso del fabricante (indicada en la autorización sanitaria correspondiente emitida por la Secretaría de Salud) y en caso contrario se tomen las acciones correspondientes para corregir y/o disminuir la probabilidad de recurrencia de los incidentes adversos, con lo cual se busca mejorar la protección de la salud y seguridad de los usuarios de dispositivos médicos [10]

*deben contar con un responsable de tecnovigilancia que deberá ser un profesional de la salud en el campo de la química, medicina, farmacia o **ingeniería biomédica**...*[10].

En el plan de desarrollo de la UNAM 2011-2015 en el rubro III. Los programas y los proyectos, punto 3 Consolidar el proceso de reforma de la licenciatura y asegurar que se pone en práctica un proyecto de reforma curricular, al tiempo que se utilizan a plenitud las tecnologías disponibles para aumentar la cobertura, mejorar la eficiencia terminal y elevar la calidad de los egresados se ha manifestado que *Frente a los retos de hoy es importante que al menos un 20 por ciento de los planes de estudio tengan al idioma inglés como obligatorio; se creen carreras profesionales vinculadas a la investigación y se conjunten dos o más disciplinas o que sean compartidas entre facultades, escuelas, institutos y centros* [40]. Con lo que se abre la posibilidad de apoyo por parte de las autoridades centrales para la creación de la carrera de Ingeniería en Sistemas Biomédicos.

En la Facultad de Ingeniería de la UNAM, en su plan de desarrollo 2011-2014 [16], se manifiesta el compromiso con la creación de carreras que atiendan las necesidades del país, además de actualizar, acreditar, dar seguimiento y evaluar los planes y programas de estudio en licenciatura y posgrado.

Necesidades sociales

Para que una sociedad pueda desarrollarse adecuadamente cada integrante de ella debe tener acceso a los servicios básicos, tales como los de salud y educación.

La atención médica eficaz, con calidad, calidez y seguridad está limitada por diversos factores que fundamentan la necesidad de los ingenieros en sistemas biomédicos, los cuales se pueden abordar mediante la descripción del perfil del Sistema de Salud en México.

a. Sobrepoblación.

Desde que se elevó la calidad en los servicios médicos, disminuyó la mortalidad infantil y materna, aumentó la esperanza de vida y se dio una súbita explosión en las tasas de natalidad, lo que trajo consigo una alarmante expansión demográfica [34].

La sobrepoblación presenta los retos de la distribución y cobertura de los servicios de salud, es por ello que se requiere de una mejor administración de dichos servicios. El ingeniero en sistemas biomédicos cuenta, entre sus capacidades, con el conocimiento y la habilidad para realizar dicha gestión de servicios, particularmente los egresados del área de conocimiento en Logística Hospitalaria.

b. Desigualdad económica de la población.

Las personas más pobres tienen mayor riesgo de morir a edades más tempranas que el resto de la población. Como puede apreciarse, la atención en los sistemas de salud de la sociedad mexicana refleja las desigualdades sociales y económicas del país.

De acuerdo con la Dirección General de Información en Salud de la Secretaría de Salud en el 2007, la desigualdad, expresada en la dimensión de la salud de las personas, puede observarse también entre regiones. Por ejemplo, en 2006 la tasa de mortalidad infantil en Nuevo León fue de 10.2 fallecimientos por cada mil niños nacidos, mientras que en Guerrero fue cercana a 25. En 2005, el porcentaje de muertes en menores de cinco años causadas por enfermedades infecciosas fue de 5.1% en Aguascalientes, mientras que llegó a representar el 24% en Chiapas durante el mismo año.

En los sectores más rezagados socialmente conviven al mismo tiempo las llamadas enfermedades del subdesarrollo y las del desarrollo, lo que complica todavía más las soluciones. Sencillamente, la infraestructura para el tratamiento de las enfermedades asociadas a comunidades económicamente desfavorecidas es muy distinta a la que atendería enfermedades características de personas con niveles de vida apreciables.

El ingeniero en sistemas biomédicos diseñará e implementará sistemas, equipos y dispositivos que permitirán que la atención de alta calidad en salud se pueda brindar a toda la población, un ejemplo de esto son los sistemas de telemedicina.

c. Transición Demográfica.

Es importante tomar en cuenta la dimensión demográfica de la sociedad mexicana para comprender las necesidades en materia de salud. En primera instancia, hay que considerar que la estructura de la población por edades ha variado en las últimas décadas, lo cual plantea desafíos adicionales al sistema de salud, es decir, que no estaban necesariamente previstos por la oferta presente de servicios de salud.

De acuerdo con el censo de Población y Vivienda 2010 que realizó el INEGI, cada vez hay menos niños y más adultos, en 1970 de cada 100 mexicanos, 19 eran niños de cinco años o menos. Ahora son solamente 9 de cada 100. En contraste, la población en edad de trabajar se triplicó entre 1960 y 2000. Actualmente ésta representa el 65% de toda la población mexicana. Este dato distingue justamente nuestra transición demográfica, pues prácticamente dos terceras partes de la población son perceptores potenciales de ingresos, ya que se encuentran en edades productivas.

Es necesario advertir que, por otra parte, la población de adultos mayores crece considerablemente y con ello poco a poco disminuye la base social de personas capaces de aportar recursos al conjunto social. En otras palabras, el bono demográfico que representa un segmento mayoritario de la población en edad productiva se irá disminuyendo, indefectiblemente, con el tiempo. De acuerdo con la Organización Panamericana de la Salud, en menos de 25 años el sector de adultos mayores pasará de 6 a 15.6 millones de personas, de manera que para el año 2030 representará 12% de la población nacional.

Los problemas de salud de adultos y adultos mayores serán, por lo tanto, el componente que demande más atención [31].

El ingeniero en sistemas biomédicos en las tres áreas de conocimiento tendrá un impacto importante en la atención a la población de edad avanzada, en el caso del área de **biomecánica** se podrán hacer estudios antropométricos y de ergonomía para mejorar el diseño de dispositivos de uso cotidiano adecuados a las necesidades y capacidades de esta población. En el caso de **instrumentación biomédica** es claro el impacto en la atención hospitalaria, pero también en el diseño de sistemas que permitan la rehabilitación de las personas. El ingeniero en sistemas biomédicos en el área de **logística hospitalaria** es fundamental para poder atender tanto a la población de adultos mayores como el resto de la población del país.

d. Infraestructura.

México cuenta con 4,203 hospitales (unidades médicas de 2^o y 3^{er} nivel, con el mayor nivel de tecnología médica), de los cuales 1,121 son públicos y 3,082 privados [2], sólo 73 cuentan con un departamento de Ingeniería Biomédica y 14 de ellos se encuentran en el interior de la república, es decir, menos del 1% de las unidades médicas en México cuentan con un profesional especializado para la gestión y el desarrollo de la tecnología enfocada a la salud [6].

Cabe mencionar que el Distrito Federal tiene tres médicos y cinco enfermeras por cada mil habitantes y por cada 10 000 médicos existe un Ingeniero Biomédico o afín que apoye mediante un dispositivo médico al correcto diagnóstico y tratamiento de un paciente [23]. De acuerdo con el CENETEC en el 2009, existían sólo 1303 egresados de la carrera de Ingeniería Biomédica o afín [6].

Existen programas de modernización de los servicios de salud los cuales requieren de planes estratégicos para lograr los estándares deseables, sin embargo tampoco se cuenta con el profesional en el área de logística para gestionar estos procesos y optimizar el 6.5% de inversión que se le otorga al rubro de salud por parte del Producto Interno Bruto (cifra menor al promedio internacional) [27].

Por otra parte los laboratorios clínicos, epidemiológicos y de referencia requieren de equipo de diagnóstico de alta precisión, en función de estrictas normas de seguridad sanitaria. La Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), en su informe del 10 de junio del 2010, publica que existen 69 laboratorios autorizados y en este caso no cuentan con departamentos de Ingeniería Biomédica o afín encargados del diseño, manutención y gestión de los dispositivos [7].

Es por ello que en el país aún existe un significativo déficit en infraestructura hospitalaria, que aunado a la falta de dispositivos médicos y a la insuficiencia de profesionales para diseñarlos y gestionarlos, generan un gran obstáculo en la prestación de los servicios de salud. Esta es una de las razones por las que se requiere al ingeniero en sistemas biomédicos, encargado del desarrollo de nuevas tecnologías en el área de la salud.

e. Cultural y bioética

De acuerdo con el Programa Nacional de Salud 2007-2012 los prestadores de servicios de salud deben proporcionar servicios efectivos y seguros, deben informar a los pacientes sobre su condición y posibilidades de tratamiento, involucrarlos en todas las decisiones relacionadas con su salud, en todo el proceso de atención, respetar su dignidad y derechos humanos. Con el fin de garantizar un trato adecuado a los usuarios de los servicios de salud, se mantuvo un enfoque intercultural, de equidad de género y respeto a los derechos humanos, en la creación del plan de estudios de la carrera de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos.

La Comisión Nacional de Bioética es la instancia responsable de definir las políticas nacionales en materia de bioética y fungir como órgano de consulta nacional en este campo. Asimismo, tiene la responsabilidad de fomentar la enseñanza de la bioética, específicamente en el establecimiento de estrategias educativas para que los profesionales de la salud promuevan los comités de bioética hospitalarios y se capaciten en la materia. Dichos conceptos fueron considerados en la creación de la propuesta del plan de estudios.

ESTADO ACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS DE LA O LAS DISCIPLINAS QUE ABARCA EL PLAN DE ESTUDIOS.

Generalmente la gestión de tecnología en la mayoría de hospitales del país está en manos de personal con escasa o ninguna formación en esta área (médicos, odontólogos, fisioterapeutas, administradores, enfermeras, abogados, entre otros), quienes únicamente se limitan a comprar equipos biomédicos y de alta tecnología a precios que se ajusten al presupuesto de la organización, sin tener en cuenta los parámetros técnicos y condiciones reales de operación.

Debido a esto se requiere de un profesionista que satisfaga las necesidades del sector salud, colaborando activamente con el personal médico mencionado y así brindar una mejor atención a la sociedad mexicana.

Por tal motivo en México aumenta la demanda de ingenieros que se encarguen del diseño y mejoras de diferentes dispositivos biomédicos y procesos que se utilizan en los hospitales para el diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de distintos padecimientos que aquejan a la población. Las áreas que demandan a profesionistas con el perfil del ingeniero en Sistemas Biomédicos son: servicios, investigación y desarrollo, presentadas en la figura 1. A continuación se abordará cada área.

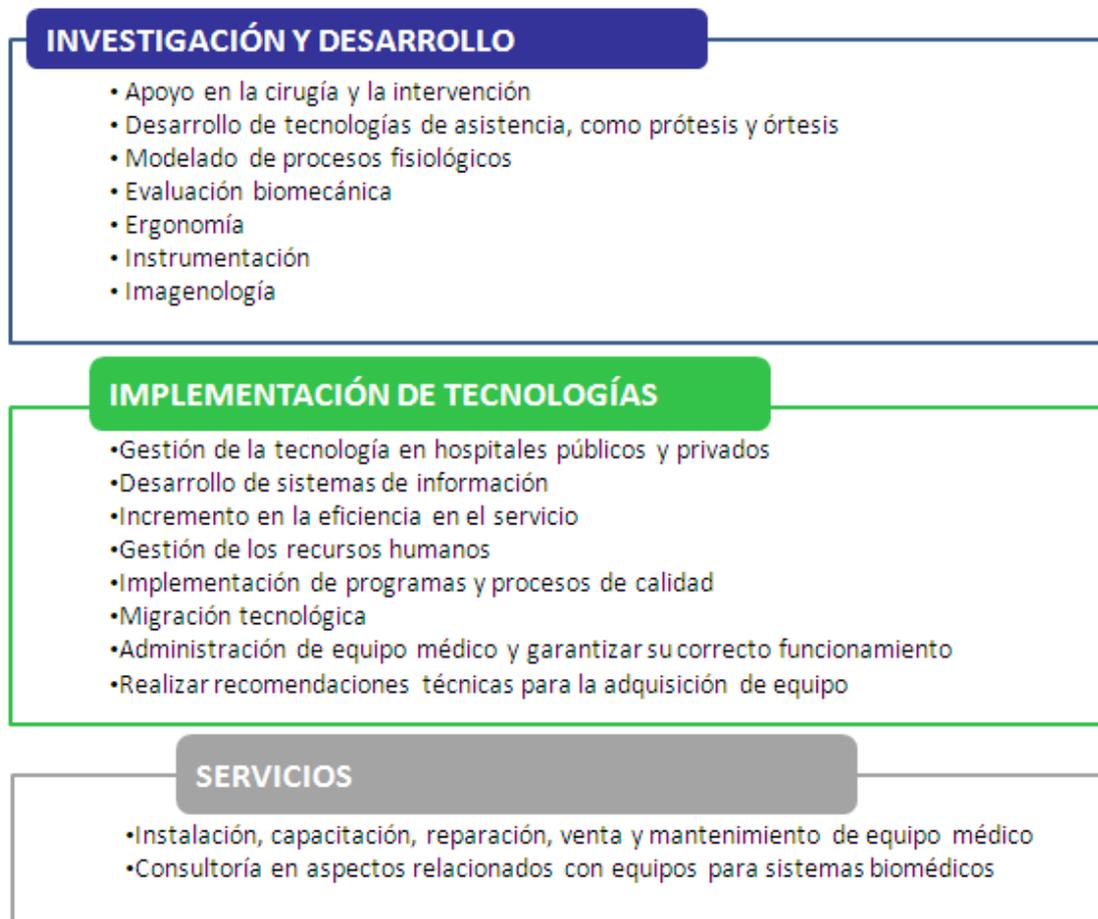


Figura 1. Áreas que demandan ingenieros en sistemas biomédicos

a. Investigación y desarrollo

Los sistemas biomédicos se encuentran en constante mejora y los equipos de investigación y desarrollo, en el sector público y privado tienen actualmente la tarea de mejorar las tecnologías que existen, como:

- *Apoyo para la cirugía y la intervención.* Eficiencia de los equipos de manutención, biocompatibilidad de las prótesis y dispositivos por introducir en el organismo, así como la inclusión de las metodologías para colocarlos desde la fase de diseño de los mismos. También a través de la investigación es posible diseñar métodos no invasivos o mínimamente invasivos para hacer distintos procedimientos y desarrollar protocolos.

- *Prótesis y asistencia en la discapacidad.* Diseño de mecanismos para prótesis, así como el desarrollo de dispositivos para corregir problemas en pacientes amputados, en general la mejora en la calidad de vida para personas con alguna discapacidad física.
- *Ergonomía.* Diseño o rediseño de dispositivos o mecanismos para prevenir o aliviar los efectos adversos sobre la salud, causados por la tensión muscular, contaminación auditiva o visual, entre otros.
- *Evaluación biomecánica.* Los análisis estáticos, dinámicos y cinemáticos de los movimientos, así como la caracterización de tejidos, biomateriales y su interacción, representan áreas de oportunidad para la investigación para coadyuvar a la mejora de diagnósticos, apoyar a la rehabilitación o en su caso potencializar el rendimiento físico, como en el caso de los atletas; teniendo con ello un gran impacto en los sectores industrial y hospitalario.
- *Instrumentación.* Desarrollar nuevas tecnologías de adquisición, acondicionamiento procesamiento de bioseñales o de estados fisiológicos, así como de monitoreo e intervención, que brinden parámetros precisos, rápidos, con el mayor grado de integración o portabilidad, mediante dispositivos no invasivos o mínimamente invasivos, intercomunicados y que brinden seguridad y comodidad a los pacientes.
- *Imagenología.* Introducir nuevas técnicas que ayuden a los médicos a localizar indicadores para realizar diagnósticos e intervenciones.

b. Implementación de tecnología

Uno de los ámbitos de gran influencia para el ingeniero en sistemas biomédicos es la implementación de la tecnología mediante el uso, la capacitación, el mantenimiento preventivo y correctivo, así como la evaluación tecnológica para determinar la viabilidad en función del beneficio-costos de la adquisición; elementos que inciden en otorgar mayor seguridad al paciente.

Sin embargo, con la generación de nuevas tecnologías y debido a la necesidad de expandir la oferta de salud para la población mexicana, se han observado nuevos requerimientos para hospitales públicos y privados, tales como:

- *Desarrollo de sistemas de información.* Para registrar datos históricos de movimientos y de monitoreo por paciente y generar bases de datos, así como contar con información que ayude a determinar las tendencias en requerimientos de insumos.

- *Incremento de la eficiencia en el servicio.* Llevar a cabo una evaluación de la eficiencia actual en la atención prestada al paciente e implementar medidas que ayuden a medir y controlar el costo de la producción de los servicios. Haciendo uso de los sistemas de información, el ingeniero puede elaborar diagnósticos de la situación actual de almacenes y aprovisionamiento, así como gestionar la práctica de la distribución en planta para mejorarlos. Asimismo, existe la necesidad de identificar áreas de renovación en el hospital y elaborar planes de mejora continua. Todo lo anterior con el objetivo de reducir el inventario, el consumo y el tiempo de distribución.
- *Reducción en los recursos utilizados para proveer el servicio.* Diseño e implementación de programas para el ahorro de agua, energía y gases, así como la disminución y correcta disposición de los desechos para reducir el impacto ecológico y epidemiológico del hospital. En este aspecto, también es importante la mejora de las instalaciones eléctricas de los hospitales y la logística de los servicios externalizados en general.
- *Gestión de los recursos humanos.* Proveer y administrar los recursos humanos para valorar, vigilar, medir y confrontar el cumplimiento de actividades en relación al beneficio costo, además de promover el bienestar individual y colectivo, así como las buenas relaciones humanas del personal. En el ámbito de la capacitación del personal, es necesario fomentar los estudios de las necesidades de capacitación en los diversos servicios y la realización de programas de capacitación de acuerdo a las necesidades identificadas por los servicios.
- *Implementación de programas y proyectos.* Debido a la tendencia en la apertura de nuevas unidades médicas, se requieren recursos humanos con una visión integral de este tipo de proyectos y dar seguimiento a las políticas dictadas para el Sector Salud, como lo es, por ejemplo, el Programa Hospital Seguro, entre otros. Asimismo este profesionalista debe velar por el cumplimiento de las normas de salud nacionales e internacionales y las disposiciones referentes a los servicios hospitalarios, así como la aplicación de protocolos y técnicas propias de la atención clínica y llevar a cabo la gestión para la vinculación industria- unidad médica- gobierno- escuela. También es importante, contar con un órgano de apoyo encargado de brindar asistencia general y técnica en el ámbito administrativo y estructurar un sistema coherente para la administración de los Departamentos y Servicios del Hospital.
- *Transición tecnológica.* Se presenta la necesidad de actualizar los equipos (analógico a digital), así como adaptar las tecnologías existentes a los contextos y los usuarios e implementar monitoreo remoto para la instrumentación clínica. Las interfaces para los sistemas de monitoreo han tendido a ser más amigable para el usuario, con el paciente y con una mayor facilidad para su limpieza y transporte y se espera un mayor avance en este sentido.

c. Sector Servicios

Este sector, que capta a un gran número de egresados de las ingenierías relacionadas con los Sistemas Biomédicos, se enfoca al mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos biomédicos disponibles en el mercado. Dado que año con año se incrementa el número de hospitales, clínicas y centros de salud y que se adquieren nuevos equipos, se ha detectado la necesidad de incrementar la cantidad y calidad de profesionales que ofrecen este tipo de servicios.

Situación de la docencia y la investigación en los niveles institucional y de la entidad

La Universidad Nacional Autónoma de México cuenta con experiencia en áreas afines a la Ingeniería en Sistemas Biomédicos, tal es el caso de la Licenciatura en Investigación Biomédica Básica impartida en la Facultad de Medicina, cuyo perfil es apegado al área de investigación, también se cuenta con especialidades tales como Informática Médica y la carrera de Física Médica en la Facultad de Ciencias. La primera tiene el objetivo de proporcionar conocimiento para el procesamiento de la información médica y la segunda, generar modelos para la interpretación de los fenómenos médicos. También cuenta con la Licenciatura de Ciencias Genómicas coordinada por dos sedes: el Centro de Ciencias Genómicas y el Instituto de Biotecnología, ambos localizados en la ciudad de Cuernavaca Morelos. Los egresados de la Licenciatura en Ciencias Genómicas tienen conocimientos avanzados en genómica, incluyendo la bioinformática, la genómica funcional y la genómica evolutiva; las actividades de los egresados destacan las relacionadas con la investigación y docencia.

Además, la Facultad de Contaduría y Administración en su programa de Posgrado en Ciencias de la Administración, imparte la Maestría de Administración de Sistemas de Salud. Su principal objetivo es capacitar a los estudiantes en la gestión de recursos en el sector salud.

Por otra parte, la UNAM cuenta con el Instituto de Biotecnología que por medio de sus programas de posgrado realiza investigación de excelencia académica para el desarrollo de la biotecnología moderna, genera conocimiento en diversas áreas y disciplinas tales como la ingeniería celular, biología del desarrollo, biología estructural, fisiología, microbiología y medicina moleculares, así como las relacionadas con la biocatálisis, los bioprocesos y la biología molecular de plantas.

En la UNAM se han desarrollado un total 433 proyectos de investigación relacionados con Ingeniería en Sistemas Biomédicos, desde 1952 hasta 2013. En este número no están considerados los proyectos del área de biotecnología debido a que las licenciaturas en Investigación Biomédica Básica y Ciencias Genómicas cubren las áreas de conocimiento concernientes al desarrollo celular.

Las tesis relacionadas con las áreas de conocimiento de la carrera de Ingeniería en Sistemas Biomédicos, han sido generadas en diversas facultades, escuelas e institutos de la UNAM, entre los cuales se destacan la Facultad de Ingeniería con el 88%, la Facultad de Odontología, con el 1% y la Facultad de Ciencias con el 1%. Asimismo, han participado en este campo, la Facultad de Medicina (10 tesis), el Instituto de Investigaciones en Materiales (8 tesis), la Facultad de Arquitectura (3 tesis), la Facultad de Química (4 tesis), la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (1 tesis), Ciencias Políticas y Sociales (1 tesis), Facultad de Derecho (3 tesis), Facultad de Estudios Superiores Aragón (4 tesis), Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (2 tesis), Facultad de Filosofía y Letras (1 tesis), Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (2 tesis) e Instituto de Química (1 tesis). Como se puede observar en la figura 2.

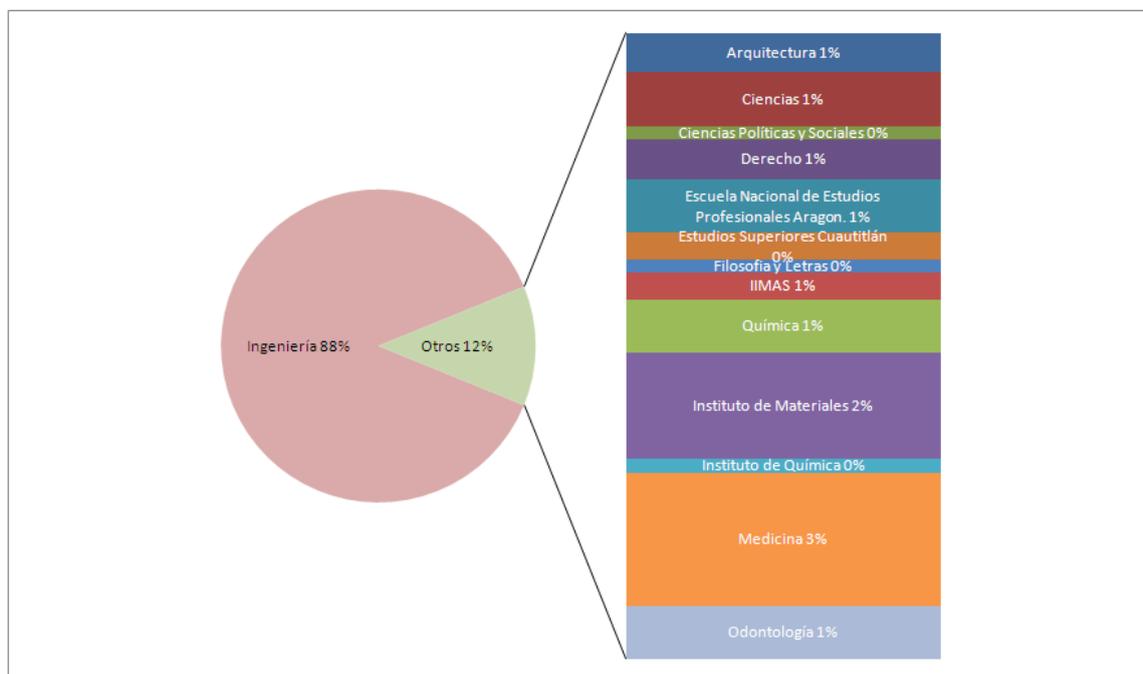


Figura 2. Tesis relacionadas con las áreas de conocimiento de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos en la UNAM, distribución por facultad

En lo que respecta a la Facultad de Ingeniería de la UNAM, el 5 de septiembre de 2001 el Consejo Técnico aprobó la propuesta de creación del módulo de Ingeniería Biomédica, integrándolo a las carreras de Ingeniería Mecánica, Ingeniería Eléctrica Electrónica y en Computación. En la sección “Análisis de planes de estudio afines” se describen sus características.

En el Departamento de Ingeniería Mecatrónica, en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica (CDMIT), en la Unidad de Investigación y Asistencia Técnica en Materiales (UDIATEM), en el Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora (LIMAC), en la División de Ingeniería Eléctrica y en el posgrado de Ingeniería Mecánica se han realizado proyectos de investigación y desarrollo en el área de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos desde hace más de diez años [40].

En la Facultad de Ingeniería se han desarrollado 380 tesis de las áreas de conocimiento de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos, 88 trabajos en Instrumentación Médica (23%), 59 en Informática Médica (16%), 71 en Diseño (19%), 51 en Biomecánica (13%), 37 en Logística Hospitalaria (10%), 21 en Instalaciones Hospitalarias (6%), 24 en Biomateriales (6%), 10 en Control (3%), 9 en Imagenología (2%), 4 en Educación (1%) y 6 en Temas Sociales (2%). Esta distribución se muestra en la figura 3.

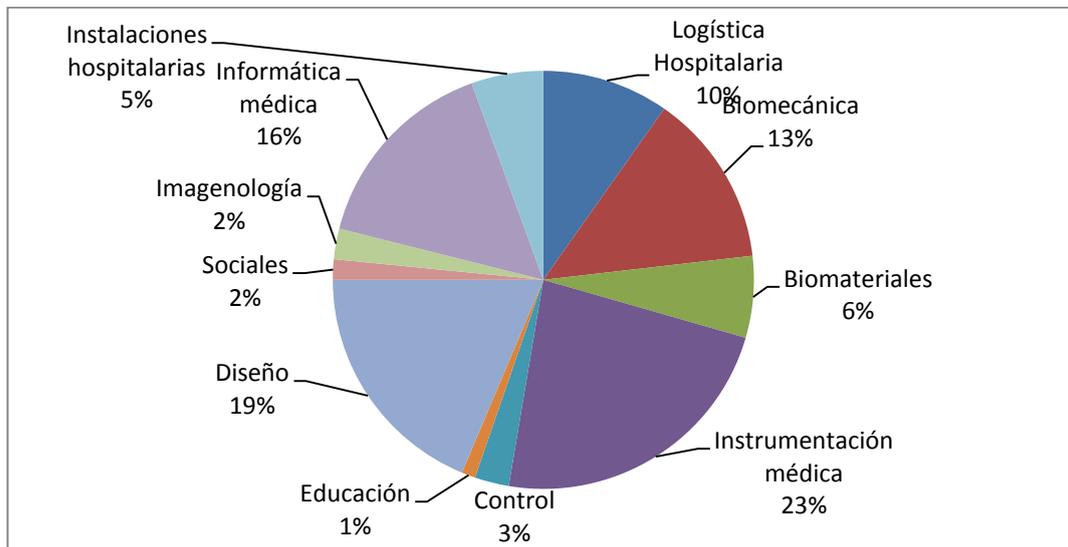


Figura 3. Tesis relacionadas con las áreas de conocimiento de Ingeniería en Sistemas Biomédicos, desarrolladas por la Facultad de Ingeniería desde 1971 a 2013

En cuanto a la docencia la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México cuenta con el personal académico idóneo para impartir las asignaturas iniciales, intermedias y avanzadas de la carrera de Ingeniería en Sistemas Biomédicos. Este cuerpo académico está integrado por profesores de carrera de la División de Ingeniería Mecánica e Industrial (DIMEI) y de la División de Ingeniería Eléctrica (DIE), distribuidos en los departamentos de Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería de Materiales y Manufactura, Ingeniería de Diseño, Ingeniería Industrial, Termodinámica, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería de Control e Ingeniería Electrónica, así como de otros profesores adscritos a las Divisiones de Ciencias Básicas, de Ciencias Sociales y Humanidades y por profesores de asignatura. Los primeros tienen amplia experiencia docente además de una permanente actualización profesional. Los profesores de asignatura son ingenieros con reconocida experiencia profesional en áreas específicas y ramas afines. A continuación se resumen los recursos con que se cuenta para la realización del proyecto.

La División de Ingeniería Mecánica e Industrial cuenta con 67 profesores de carrera y 215 de asignatura. De los profesores de carrera, 41 tienen el grado de doctor y 21 de maestro; 5 tienen el nivel I del SNI, 4 el nivel II y 3 el nivel III; 9 tienen el nivel D del PRIDE, 56 el C y 11 el B.

La División de Ingeniería Eléctrica cuenta con 75 profesores de carrera, un profesor emérito y 343 de asignatura. De los profesores de carrera, 24 tienen el grado de doctor y 101 de maestro; 12 tienen el nivel I del SNI, 7 el nivel II y 1 el nivel III; 11 tienen el nivel D del PRIDE, 56 el C y 29 el B.

De los 140 profesores de carrera que imparten clases en la DIE y DIMEI, 50 de ellos han impartido asignaturas o han desarrollado proyectos relacionados con las áreas de conocimiento de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos [17, 40].

También se cuenta con la colaboración de las Divisiones de Ciencias Básicas y Ciencias Sociales y Humanidades, así como con la colaboración de la Facultad de Medicina de la UNAM, cuya participación de profesores de carrera y de asignatura será de acuerdo a sus áreas de competencia.

Análisis de planes de estudio afines

Actualmente los profesionales que cubren las necesidades del área de la salud son los egresados de la carrera de Ingeniería Biomédica de otras universidades, así como los ingenieros mecánicos, en computación y eléctricos electrónicos que eligieron el módulo terminal de Ingeniería Biomédica formados en la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Otros profesionales que cubren estas necesidades son los ingenieros biónicos, mecatrónicos, físicos médicos, que han dedicado su vida profesional al desarrollo e implantación de sistemas en el área de la salud. Debido a la práctica o a estudios de posgrado son capaces de resolver algunas de estas necesidades de la industria y la sociedad.

A continuación se abordará el análisis de los planes de estudio afines a este proyecto, se inicia con el módulo terminal de Ingeniería Biomédica de la Facultad de Ingeniería, posteriormente se presenta un análisis comparativo a nivel nacional e internacional con las instituciones más representativas del área biomédica.

Módulo de Ingeniería Biomédica de la Facultad de Ingeniería de la UNAM

En el año 2001 se crea el módulo terminal en Ingeniería Biomédica en las carreras de Ingeniería Mecánica, Eléctrica y Electrónica, Telecomunicaciones y en Computación, en el que se imparten asignaturas orientadas a cuatro áreas principales:

- Medición y bioinstrumentación para investigación biomédica.
- Diseño, desarrollo y operación de equipo biomédico, ya sea equipo de laboratorio de rutina o equipo para investigación.
- Técnicas de medición de procesos fisiológicos y procesamiento de señales biomédicas.
- Involucramiento en actividades de investigación.

Actualmente se imparte este módulo en las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Ingeniería en Computación y como asignaturas optativas en Ingeniería Mecánica. En la tabla 1 se muestran las asignaturas que se imparten.

INGENIERÍA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA		INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN		INGENIERÍA MECÁNICA
Obligatorias	Optativas	Obligatorias	Optativas	Optativas
Amplificadores electrónicos	Aplicaciones Optoelectrónicas en Medicina	Circuitos Integrados Analógicos	Aplicaciones Optoelectrónicas en Medicina	Biomateriales
Fundamentos de Instrumentación Biomédica	Audiometría	Introducción a la Fisiología	Audiometría	Biomecánica
Introducción a la Fisiología	Introducción a la Biofísica	Fundamentos de Instrumentación Biomédica	Telesalud	Fisiología
Procesamiento Digital de Imágenes Médicas: imagenología	Sistemas y Equipos Biomédicos Electrónicos	Procesamiento Digital de Imágenes Médicas: imagenología	Sistemas y Equipos Biomédicos Electrónicos	Histología
	Telesalud		Temas selectos de Ingeniería Biomédica	Introducción a la Anatomía
	Temas selectos de Ingeniería Biomédica		Transductores Biomédicos	Logística y Administración Hospitalaria
	Transductores Biomédicos		Introducción a la Biofísica	Temas selectos de Ingeniería Biomédica
	Matemáticas Avanzadas		Seminario de titulación	
	Seminario de titulación		Proyecto de investigación	
	Proyecto de investigación			

Tabla 1. Asignaturas impartidas en el módulo terminal de Ingeniería Biomédica de la Facultad de Ingeniería

En la figura 4 se muestra la distribución de las actividades profesionales que desempeñan los alumnos egresados del módulo terminal, por sector. El 55% se incorporaron a compañías de servicio y venta de equipo para hospitales, el 26% se incorporó a hospitales privados, 18% a hospitales públicos, 1% se inscribieron en programas de maestría y doctorado, de los cuales 4 tomaron programas de doctorado en neurociencias.

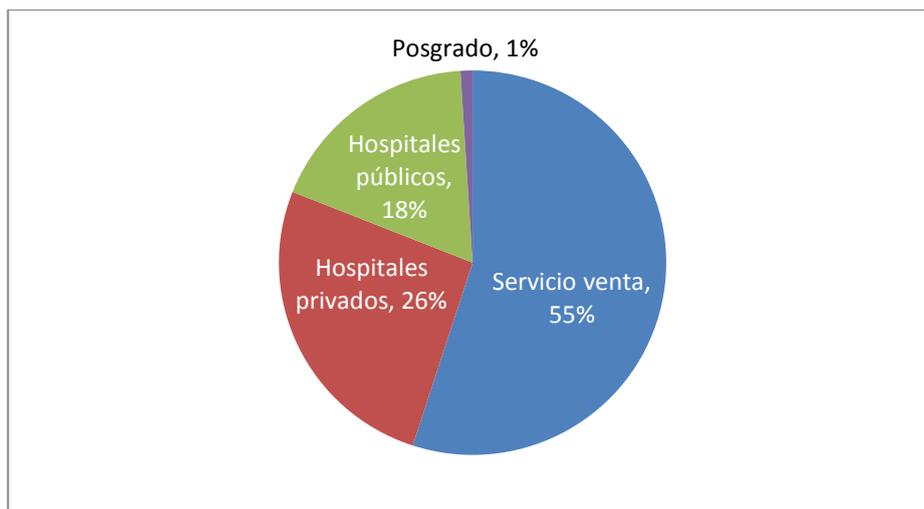


Figura 4. Distribución de las actividades profesionales realizadas por los egresados del módulo terminal de Ingeniería Biomédica [21]

Panorama de la educación en áreas afines a la Ingeniería en Sistemas Biomédicos en otras universidades de México

A nivel nacional existen 10 programas de licenciatura afines a Ingeniería en Sistemas Biomédicos, cuatro pertenecen a universidades públicas y seis a universidades privadas, el análisis detallado se presenta en el anexo A.III. En todos ellos predomina el enfoque en Instrumentación Médica, es decir, se imparten principalmente asignaturas de electrónica.

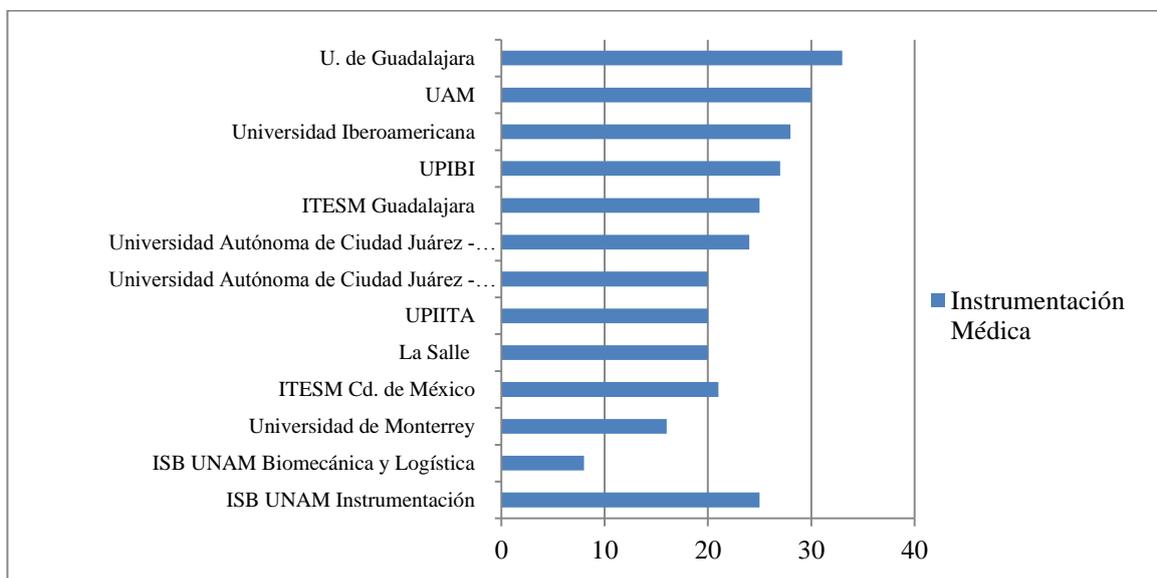


Figura 5. Ponderación del área de Instrumentación en las instituciones nacionales que imparten la carrera de Ingeniería Biomédica o afín

En general, en la actividad profesional del Ingeniero Biomédico a nivel nacional se concentra en:

- Solucionar problemas de medición relativos a la práctica médica.
- Gestionar equipos médicos: selección, implementación, evaluación, mantenimiento, adaptación, reparación, administración y capacitación para su uso.

- Aplicar las técnicas de ingeniería para diseñar, implementar o vigilar la operación de programas encaminados a mejorar u optimizar el servicio para la salud

Cabe mencionar que algunas universidades destacan la importancia de aspectos adicionales a este perfil básico. Tal es el caso de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), el Instituto Politécnico Nacional (Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología- UPIBI y la Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas-UPIITA), el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores Monterrey (campus Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey- ITESM) y la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), que también promueven la investigación básica y aplicada. Con este fin, dichos programas tienen una fuerte intervención de las ciencias básicas como las matemáticas, la biología, la física y la química, cuyo peso en el total del programa de estudios correspondiente se muestra comparativamente en la siguiente gráfica.

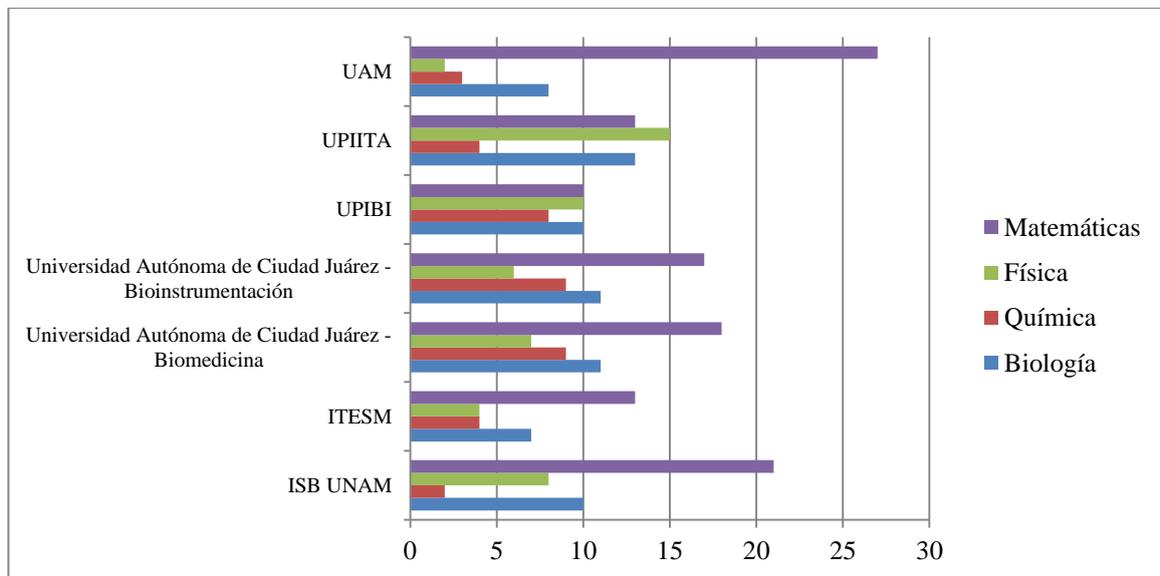


Figura 6. Ponderación de las ciencias básicas en las instituciones nacionales que imparten la carrera de Ingeniería Biomédica o afín

El ITESM campus Ciudad de México contempla en el objetivo de la carrera de Ingeniería Biomédica el desarrollo de empresas, que se ve reflejado en la ponderación de las asignaturas del área Ciencias Sociales y Humanidades con el 21%.

En cuanto a los instrumentos o dispositivos no electrónicos, UPIBI menciona entre sus objetivos el desarrollo de prótesis y órtesis, así como sus diversos componentes, sin embargo la ponderación de materias relacionadas con Mecánica y Materiales en su plan de estudios es de 3% y 2%, respectivamente.

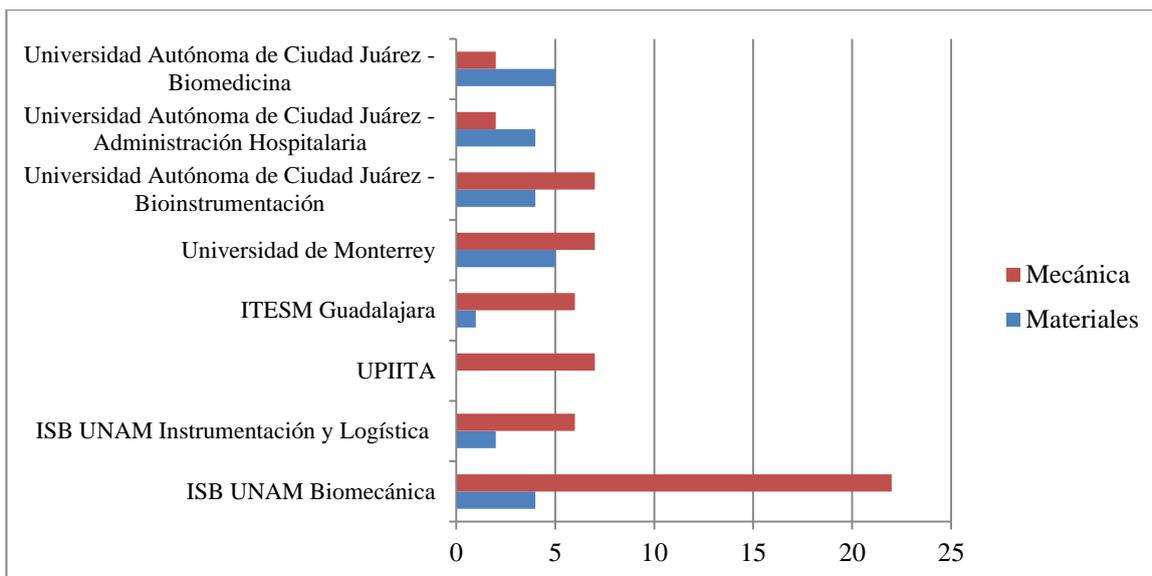


Figura 7. Ponderación de las asignaturas de materiales y mecánica en las instituciones nacionales que imparten la carrera de Ingeniería Biomédica o afín.

Pocas universidades consideran el área de Logística dentro de la formación del Ingeniero Biomédico. La Salle, la Universidad de Guadalajara, la Universidad Iberoamericana campus Cd. de México mencionan la administración hospitalaria entre sus objetivos.

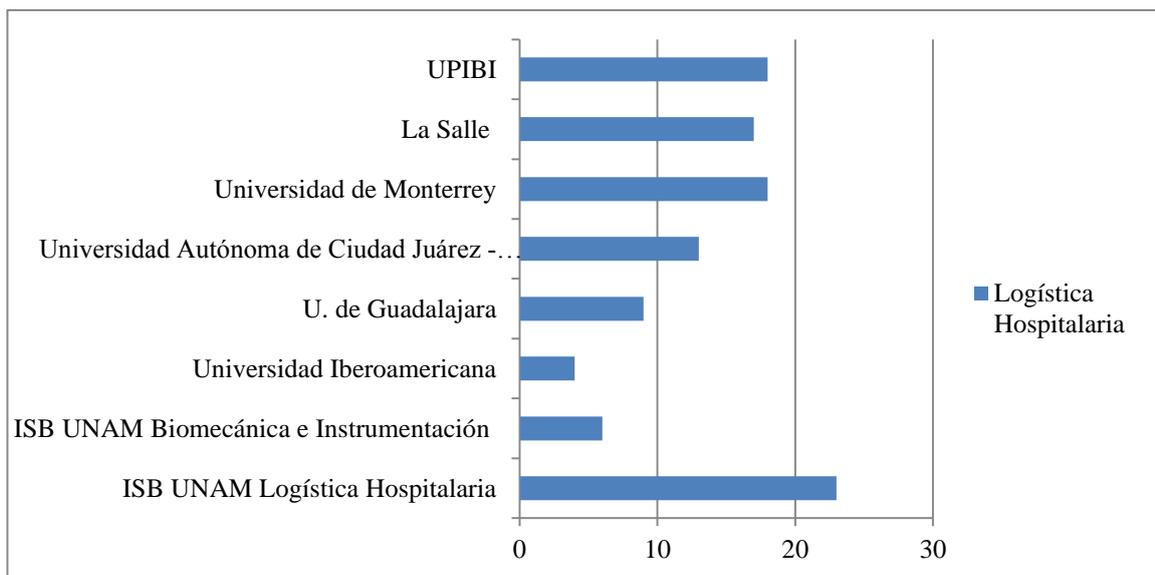


Figura 8. Ponderación del área de Logística en las Instituciones Nacionales que imparten la carrera de Ingeniería Biomédica o afín.

Tres de los programas de Ingeniería Biomédica cuentan con certificación de CACEI, a saber: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología y Universidad Iberoamericana. También el programa de Ingeniería Biónica de la Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas cuenta con dicha certificación.

A nivel nacional la Ingeniería Biomédica se ha desarrollado preponderantemente en el área de Instrumentación, algunas universidades han incursionado en el área de Logística y

el desarrollo de habilidades para la investigación, también se puede observar una escasa intervención en las áreas de Biomecánica y Biomateriales. Cabe destacar que a nivel nacional no existen programas que aborden el área de Informática Médica, aun cuando es una de las principales necesidades nacionales e internacionales.

En el caso de la propuesta de la carrera de Ingeniería en Sistemas Biomédicos, se tiene un equilibrio entre las áreas de instrumentación, biomecánica y logística, en las asignaturas comunes del diseño curricular se abarca el perfil del ingeniero biomédico que ofrecen actualmente las universidades nacionales. Cabe resaltar que el área de Instrumentación es competitiva, pero las áreas de Biomecánica y Logística Hospitalaria son las que imprimen el sello propio a esta carrera y marcan la diferencia en la oferta nacional; como se puede apreciar en el análisis de planes de estudio afines, son dos áreas que no existen o tienen poco desarrollo a nivel nacional, ubicando a la carrera de Ingeniería en Sistemas Biomédicos como una clara respuesta a la solución de dichas necesidades.

Panorama de la educación de la ingeniería biomédica o afín en universidades internacionales

Para el presente análisis se ubicaron más de 72 universidades a nivel internacional que tienen un programa afín a la Ingeniería en Sistemas Biomédicos, se tomó una muestra de 15 universidades representativas basada en la mayor relación con las áreas de conocimiento de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos (Instrumentación, Biomecánica y Logística Hospitalaria), seis en América del Norte, cuatro en Europa, una en Oceanía, una en Asia y tres en América Latina. El análisis de cada programa se encuentra en el anexo A.IV.

- América del Norte
 - Instituto Tecnológico de Massachusetts (EUA) – Ingeniería Biológica
 - Universidad A&M de Texas (EUA) – Ingeniería Biomédica
 - Universidad John Hopkins (EUA) – Ingeniería Biomédica
 - Instituto Tecnológico de Georgia (EUA) – Ingeniería Biomédica
 - Instituto Politécnico Rensselaer (EUA) – Ingeniería Biomédica
- Europa
 - Universidad Imperial de Londres (Inglaterra) - Bioingeniería
 - Universidad de Sheffield (Inglaterra) – Ingeniería Médica
 - Universidad de Cardiff (Inglaterra) – Ingeniería Médica
 - Universidad de Leeds (Inglaterra) – Ingeniería en Sistemas Médicos
- Asia
 - Universidad de Chiba (Japón) – Ingeniería en Sistemas Médicos
- Oceanía
 - Universidad de Murdoch (Australia) – Ingeniería Médica
- América Latina
 - Universidad Entre Ríos (Argentina) – Bioingeniería
 - Universidad de Favarolo (Argentina) – Ingeniería Biomédica
 - Universidad de Antioquia (Colombia) – Bioingeniería

El campo de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos en el mundo resulta ser un mosaico de posibilidades que van desde la micro y nano tecnología hasta el desarrollo de dispositivos de instrumentación biomédicos. En México, el panorama está enfocado a la instrumentación, mientras que en el resto del mundo se pueden distinguir dos grandes tendencias: la biotecnología y los dispositivos biomédicos. Dentro de la biotecnología se abarca la ingeniería celular y de tejidos, los biomateriales y la micro y nano tecnología. En México la biotecnología no se incluye como área de la Ingeniería Biomédica, sino que está considerada dentro del ámbito médico o de investigación. A nivel internacional, la biotecnología y el desarrollo de dispositivos biomédicos forman parte de un mismo programa (Ingeniería Biomédica o afin), separados únicamente por los distintos módulos de especialización.

Tal es el caso de las universidades norteamericanas, las asignaturas referentes al área Biológica son la base de los programas, trabajan con módulos terminales los cuales ponderan con mayor número de asignaturas dependiendo del área (electrónica, materiales, matemáticas o computación). Los egresados de estos programas tienen el título de Ingenieros Biomédicos.

Las universidades europeas tienen una inclinación por las áreas de mecánica y electrónica, sin embargo el desarrollo es preponderante en el área Mecánica, inclusive cuando se trata de un módulo terminal de Instrumentación en algunos casos. Los egresados de estos programas tienen el título de Ingenieros Médicos o Bioingenieros.

En el caso del continente asiático se llevó a cabo un análisis de sus universidades y programas relacionados con la Ingeniería en Sistemas Biomédicos, destacó la Universidad de Chiba, que ya maneja la integración de las áreas de conocimiento de la Mecánica, Instrumentación, Logística e Informática Médica, entre otros. Cabe destacar que los egresados tienen el título de Ingenieros en Sistemas Médicos.

En la universidad de Murdoch de Australia, también predomina el área de Instrumentación pero se tiene una carga importante de mecánica y biología, por lo que el programa cubre una mayor amplitud de capacidades.

En el caso de las universidades latinoamericanas, cabe destacar la tendencia a la instrumentación y la investigación, ya que la mayor parte de la carga académica se concentra en las ciencias básicas y la electrónica, independientemente de si se trata de un módulo de bioingeniería o de ingeniería clínica.

De los 29 programas, en la siguiente gráfica se muestran los once que se han observado con la inclinación para la investigación, junto al porcentaje de distribución de las asignaturas consideradas para todos los programas. Cabe resaltar que, en este caso, de la propuesta de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos de la UNAM ocupa el décimo lugar en ciencias básicas para investigación.

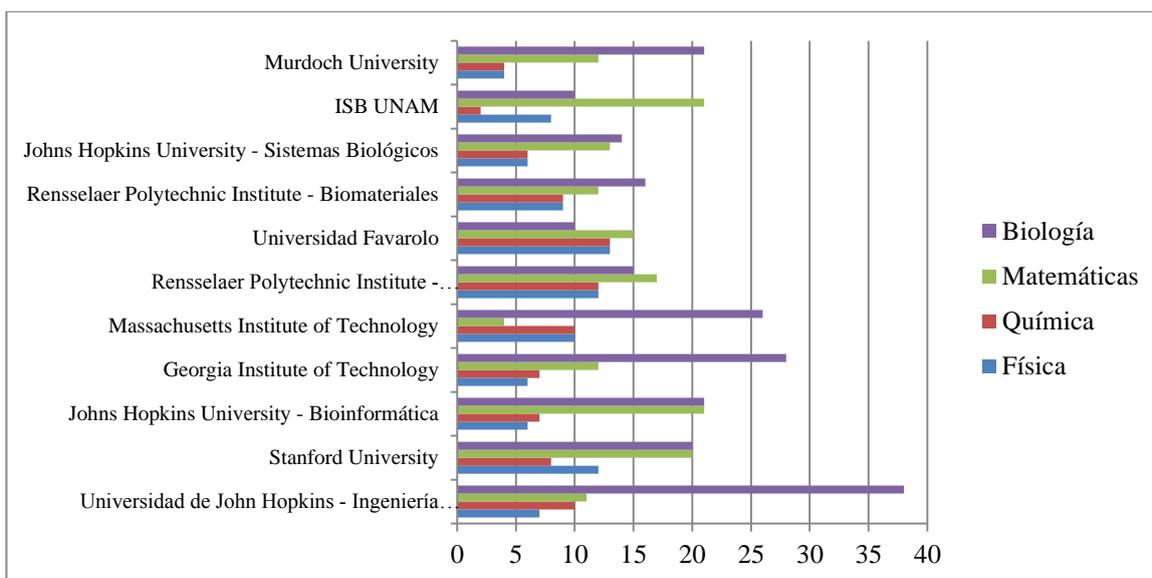


Figura 9. Comparativo de las universidades internacionales en ciencias básicas.

En cuanto a las asignaturas referentes a ciencias de la Ingeniería e Ingeniería Aplicada, se ha observado que los siguientes catorce programas tienen mayor formación en el tema de la Instrumentación Biomédica y ocupan los primeros lugares los módulos de Electrónica y Biomecánica de la Universidad de Sheffield, así como la Ingeniería en Sistemas Médicos de la Universidad de Chiba. El módulo de Instrumentación de Ingeniería en Sistemas Biomédicos de la UNAM se encuentra en el octavo lugar de este análisis. Únicamente seis de estos programas corresponden a módulos específicamente orientados a la Instrumentación.

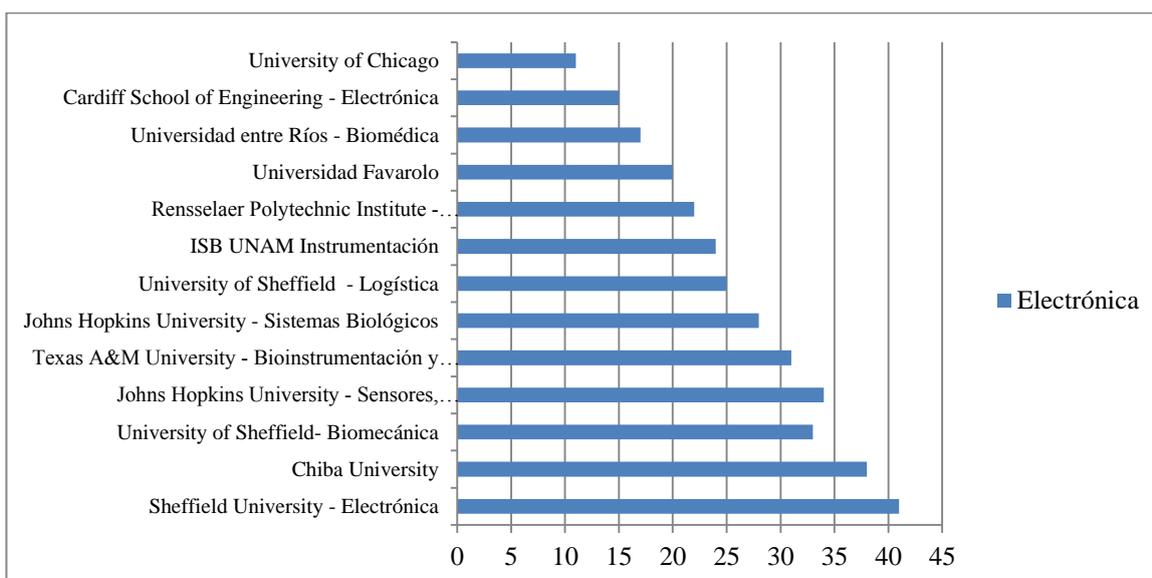


Figura 10. Comparativo a nivel internacional del área de Instrumentación

Cabe resaltar que los programas de estudios de dos de las universidades inglesas consideradas (Cardiff y Leeds) son los más fuertes en el área Mecánica, ya sea en el módulo terminal de Mecánica o Instrumentación, de la misma manera que Sheffield, independientemente del módulo terminal del que se trate, se tiene fortaleza en estos temas.

La Ingeniería en Sistemas Biomédicos de la UNAM se encuentra en el noveno lugar de entre los catorce abarcados, principalmente por la carga de asignaturas de Mecánica, ya que en cuanto a las de Materiales, es uno de los programas que tiene menor porcentaje.

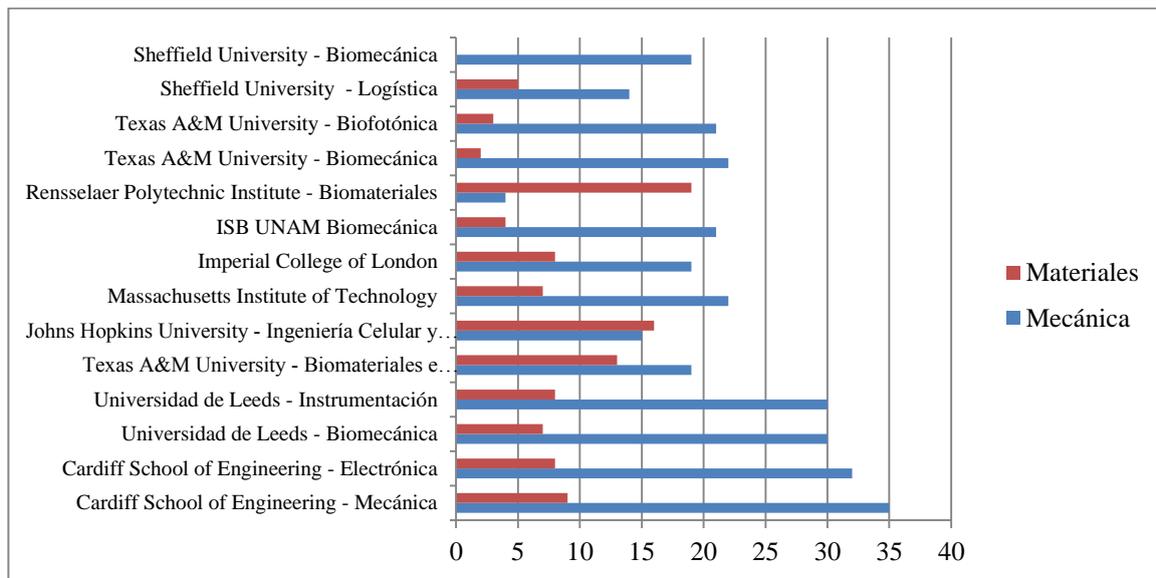


Figura 11. Comparativo a nivel internacional del área de mecánica y materiales enfocados a la medicina.

Otra de las áreas exploradas es la Logística Hospitalaria. Entre los dieciseis programas más fuertes en logística, el de Logística Hospitalaria de Ingeniería en Sistemas Biomédicos tiene más herramientas para la formación del alumno en este ámbito, secundado por una diferencia de 9% por el de Industria Médica e Ingeniería Clínica de la Universidad de Texas A&M. Además los dos programas mencionados, sólo se tienen dos adicionales que están orientados a la Logística Hospitalaria; el módulo de Clínica de la Universidad de Entre Ríos y el módulo de Logística de la Universidad de Sheffield, sin embargo, en porcentaje de asignaturas del área, estos últimos dos se ven superados en asignaturas de logística por otros programas que no especifican un enfoque hacia el área.

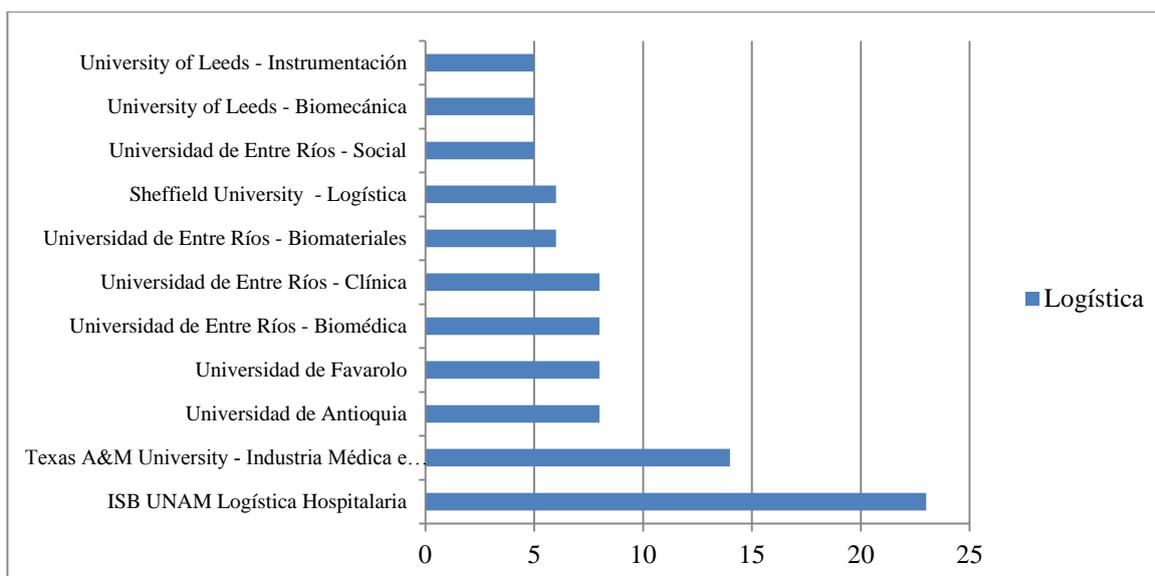


Figura 12. Comparativo a nivel internacional del área de Logística Hospitalaria.

En el programa propuesto de Ingeniería en Sistemas Biomédicos, se puede observar una clara diferencia entre los tres módulos terminales y una orientación específica en cada uno de ellos. El mapa curricular no incluye a la biotecnología, pero sí se cubre la parte de biomateriales, que es donde se puede notar una clara intersección entre la biotecnología y la ingeniería para desarrollo de sistemas biomédicos. En general, hay una mayor similitud entre ISB de la UNAM y las Ingenierías Biomédicas que se imparten en las universidades inglesas o la Ingeniería en Sistemas Biomédicos que se imparte en Japón. Es un programa competitivo a nivel internacional, esencialmente en el módulo de Logística Hospitalaria, área para la cual, hay una escasa oferta y una gran demanda en el sector salud.

Campo de trabajo actual y potencial

El plan de estudios propuesto está diseñado de tal manera que al término de la licenciatura el alumno pueda incorporarse de inmediato a la vida laboral, a una especialización o a realizar estudios de maestría y doctorado.

Campo laboral actual

Se realizó una búsqueda de las instituciones que ofrecen empleo a ingenieros afines al ingeniero en Sistemas Biomédicos, del cual se extrajo una muestra de 18 instituciones, que incluyen hospitales públicos y privados, así como empresas dedicadas al diseño, desarrollo, ventas, instalación y mantenimiento de equipo médico.

Las ingenierías más solicitadas por dichas instituciones son la biomédica, la eléctrica y la electrónica, como se muestra en la siguiente figura.

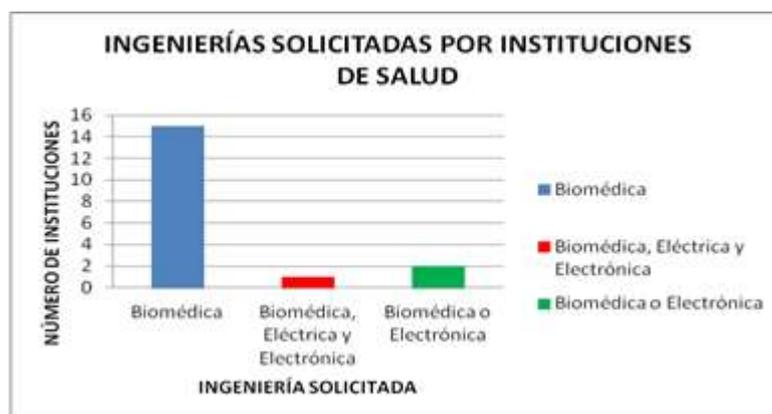


Figura 13. Ingenierías solicitadas por instituciones de salud.

Por otra parte, dentro del análisis se incluye la clasificación por áreas de conocimiento, el 44% de las instituciones solicitan para el área de Logística Hospitalaria, 22% para el área de conocimiento de Instrumentación desde el punto de vista del mantenimiento, 22% para el área de Diseño, 6% para Biomateriales y Biomecánica; por último 6% para otras áreas relacionadas como la Informática Médica y la Bioingeniería.

Se analizaron otras áreas que a pesar de no ofrecer empleo directo en el momento de la consulta, en el futuro pueden representar fuentes de trabajo para el ingeniero en Sistemas Biomédicos, de acuerdo a los datos mostrados en el portal de la Secretaría de Economía, se generaron los criterios de: campo médico, quirúrgico y fabricación electrónica, obteniendo más de 1200 empresas, la distribución de las empresas se concentró en 3 entidades (DF, Baja California y Jalisco) con el 49%, solo en el estado de Colima no tiene presencia, con giros tan diversos como fabricación, comercio, importación, maquila, desarrollo, ensambles, servicios, etc. 25% de estas empresas reportaron más de 30 millones de pesos anuales en ventas, se pueden destacar empresas como Siemens S.A. de C.V., Desarrollos de equipos electromédicos S.A de C.V. , Unomedical Devices S.A. de C.V., entre otras. La ubicación de dichas empresas se encuentra preponderantemente en el centro, norte y occidente de la república mexicana.

Campo laboral potencial

El campo laboral potencial del ingeniero en Sistemas Biomédicos es el desarrollo de tecnología enfocada a equipamiento, asistencia y procesos, que permitan realizar diagnósticos y tratamientos más acertados, así como brindar herramientas para facilitar la vida de la gente discapacitada o potencializar las habilidades de los deportistas de alto rendimiento, mediante análisis funcionales; operación, manutención, innovación y creación de equipo médico preciso, que promueva la eficiencia del trabajo del personal médico, la supervisión y evaluación de la correcta operación de la tecnología médica. En unidades médicas, laboratorios clínicos, epidemiológicos y de referencia, centros de desarrollo e investigación realizando las siguientes actividades:

- Investigar y desarrollar equipo médico y biomédico.
- Investigar en las áreas de biomateriales, biotermofluidos y análisis antropométricos.
- Generar de empresas de alta tecnología para apoyo tecnológico al área de la salud.
- Gestionar y administrar unidades médicas que brindan servicios de salud y atención hospitalaria.
- Diseñar, integrar, operar, mantener, mejorar y generar equipos para aplicaciones biomédicas.
- Adquirir, acondicionar, procesar y monitorear las señales biológicas del cuerpo humano
- Diseñar, mejorar y generar tecnología de asistencia médica como dispositivos protésicos, instrumental médico, equipo hospitalario y de rehabilitación.
- Dar servicio y soporte de equipo médico y biomédico.
- Realizar mantenimiento preventivo y correctivo de equipo médico y biomédico.
- Trabajar en venta de servicios integrales, ventas de equipo médico y biomédico, participación en licitaciones, equipamiento integral hospitalario.
- Instalar de equipo médico y biomédico.
- Impartir docencia en las áreas de tecnologías para la salud.
- Capacitar a personal técnico, enfermeras y médicos sobre el uso de nuevos equipos médicos y biomédico.

3 METODOLOGÍA

El proyecto de revisión y modificación de los planes y programas de estudio se apoyó en el trabajo de tres comités institucionales: Ciencias Básicas, Ciencias Sociales y Humanidades y el Comité interno de la Carrera de Ingeniería en Sistemas Biomédicos.

El diseño de una metodología para la actualización de los planes y programas de estudio en Ciencias Básicas se inició desde el 2011, año en el que el Foro Permanente de Profesores de Carrera de esa área estableció el marco rector respecto a la conformación de la estructura académica de la División de Ciencias Básicas (DCB).

Las acciones planteadas para elaborar los lineamientos, políticas y estrategias para la conformación de los nuevos planes y programas de estudio en lo que se refiere a Ciencias Básicas, además de considerar los lineamientos generales propuestos para este proceso en todo el ámbito de la Facultad, tuvieron como ejes rectores los siguientes puntos:

- Perfil de un ingeniero innovador y profesionalmente competitivo.
- Diseño de programas de asignatura coherentes en contenidos y tiempos.
- Diseño un mapa curricular que considere una seriación adecuada.
- Fomento al desarrollo de las buenas actitudes y de las habilidades pertinentes en el alumno.
- Formación integral del personal docente.
- Políticas que permitan a los profesores relacionar los contenidos de diferentes asignaturas y al exterior.
- Uso eficiente de la infraestructura.
- Reestructurar la organización de la DCB para propiciar y mejorar la participación y comunicación de la comunidad académica.

A partir de lo anterior, los departamentos académicos de la DCB, con la participación de las academias de profesores por asignatura, se dieron a la tarea de conformar la propuesta de las nuevas materias, cuya estructura se describe a continuación: tronco común general para todas las carreras (integrado por 8 asignaturas de matemáticas básicas y aplicadas); tronco común para las carreras de cada División Profesional (asignaturas comunes para las carreras de la misma División; considera asignaturas de matemáticas, de física y química), y asignaturas de Ciencias Básicas exclusivas, en su caso, para cada carrera. Asimismo, la Comisión de Planes y Programas de Estudio de Ciencias Básicas estableció los criterios específicos de seriación aplicables a las asignaturas del área.

Por lo que se refiere a los contenidos sociohumanísticos, los aspectos que se tomaron en cuenta fueron los siguientes:

- Atención a los lineamientos generales propuestos para este proceso de modificación de los planes y programas de estudio de la Facultad.
- Exploración del currículum sociohumanístico en otras instituciones y países.
- Necesidad de actualización de contenidos y de bibliografía.
- Mayor flexibilidad y variedad en la oferta de asignaturas sociohumanísticas.
- Mayor vinculación con las carreras.
- Aprovechamiento de la formación y experiencia de los docentes del área.

El proceso fue guiado por la Comisión de Planes y Programas de Estudio de la División de Ciencias Sociales y Humanidades, la cual tomó en consideración las sugerencias y opiniones de la planta académica de la División y de los distintos Comités de Carrera de la Facultad.

Para realizar el plan de estudios de la carrera de Ingeniería en Sistemas Biomédicos se tomaron en cuenta las opiniones de profesores, alumnos egresados de carreras afines y empleadores, así como de los cuerpos colegiados profesionales y de ingenieros de prestigio en el medio. Se consultaron y analizaron también documentos de diversas organizaciones nacionales e internacionales que se han expresado con respecto a planes de estudios de la carrera de Ingeniería en Sistemas Biomédicos o carreras afines.

Para dirigir el proceso de elaboración del plan de estudios se creó el Comité Interno de Carrera integrado por representantes de la División de Ingeniería Mecánica e Industrial, la División de Ingeniería Eléctrica, la División de Ciencias Básicas, la Facultad de Medicina y expertos en el área, con el objetivo de elaborar la propuesta del Plan de Estudios.

El Comité Interno de Carrera dictó los objetivos y dio las pautas para llevar a cabo la elaboración del Plan de Estudios [15,29,42]. Los lineamientos generales para la creación fueron:

- Se requiere de un análisis profundo de las necesidades de los sistemas empleados en el área de la salud nacionales e internacionales.
- La definición de los perfiles deseables de los egresados deben sustentarse en un amplio conocimiento de la situación nacional, en la experiencia de otras prestigiadas facultades y escuelas de ingeniería del país y del extranjero, bajo una perspectiva de integración de los niveles de licenciatura y posgrado.
- Para mantener el liderazgo de la institución, las orientaciones sobre educación en ingeniería que emanen de la creación del plan de estudios propuesto, deberá tener repercusión en las políticas nacionales y cumplir lo planteado por el Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, A. C. (CACEI).
- La creación del plan de estudios implica la necesidad de incorporar, sensibilizar, capacitar y actualizar a docentes en el uso de nuevas tecnologías y en la práctica interdisciplinaria.
- Hay que diseñar e instrumentar estrategias para el cambio que superen las inercias y resistencias.
- Toda propuesta deberá ser debidamente argumentada y sustentada con los soportes necesarios. Deberán diseñarse instrumentos de seguimiento.

- El análisis debe ser profundo, los cambios deben ser graduales y firmes, de acuerdo con las fortalezas de que se disponga para la instrumentación del Plan de Estudios propuesto.

El Comité Interno de Carrera fue presidido por el Jefe de la División de Ingeniería Mecánica e Industrial y participaron destacados académicos y profesionales de diferentes áreas de la ingeniería y ciencias de la salud (Anexo A.I). Se han realizado más 60 reuniones desde el 11 de abril de 2008 a la fecha.

Se crearon comisiones para la elaboración y revisión de contenidos, integradas por un representante del Comité Interno de Carrera, expertos en el área y personal de apoyo (Anexo A.II).

Para la elaboración del plan de estudios se consultaron los planes de estudios de otras instituciones nacionales e internacionales, que imparten la carrera de Ingeniería Biomédica o afín. Estos se presentan en la sección “Análisis de planes de estudio afines”

Se elaboró y ponderó, con el apoyo del Sector Salud y la Facultad de Medicina, una base de datos con las principales necesidades en los sistemas empleados en el área de la salud nacionales e internacionales, tomado en cuenta los lineamientos establecidos por los organismos de evaluación y acreditación, bajo un modelo educativo centrado en el aprendizaje.

Se realizó el foro “Jornada de la Investigación en Sistemas Médicos” en la Facultad de Ingeniería, con el objetivo de difundir el trabajo de la comunidad en torno a la investigación en Sistemas Biomédicos.

El Plan de Desarrollo de la Facultad de Ingeniería 2011-2014, considera en el Programa 1. Formación Integral de los Ingenieros, en el *Proyecto 1.1 Formación curricular para estudiantes de licenciatura*, la revisión permanente de los planes y programas de estudio de las 12 carreras impartidas en la Facultad de Ingeniería, para conducir el proceso de diagnóstico y modificación, el Consejo Técnico aprobó la creación de una Comisión de Lineamientos, la cual dictó las políticas institucionales y los lineamientos para la revisión y creación de planes y programas de estudio, fundamentado en el marco institucional de docencia, en el reglamento general para la presentación, aprobación y modificaciones planes de estudio, en el reglamento general de exámenes y en el reglamento general de servicio social.

Lineamientos:

- Máximo 10 semestres.
- Máximo 450 créditos.
- Máximo 48 créditos por semestre.
- Máximo 135 créditos para Ciencias Básicas.
- Máximo 48 créditos para Ciencias Sociales y Humanidades.
- Máximo 267 créditos para ciencias de la Ingeniería, Ingeniería Aplicada y asignaturas clasificadas como Otros Cursos.
- Asignaturas teóricas y prácticas en módulos de dos horas.

- Conservar el bloque móvil respetando, de ser el caso, la seriación obligatoria entre asignaturas en el mapa curricular.
- Integrar asignaturas de Ciencias de la Ingeniería y /o Ingeniería Aplicada desde los primeros semestres
- Incorporar actividades de vinculación, sin valor en créditos como: prácticas profesionales, estancias en industrias o actividades equivalentes.
- Mantener como requisito de egreso el examen de comprensión de lectura de un idioma extranjero, preferentemente inglés.

Los cuales se incorporaron en el diseño y creación del plan y los programas de estudio de la carrera de Ingeniería en Sistemas Biomédicos.

4 PLAN DE ESTUDIOS

4.1 Objetivos

4.1.1 De la Facultad de Ingeniería

Los programas académicos de la Facultad de Ingeniería aspiran a contribuir en la formación de ingenieros que sean creadores de tecnologías propias, con conocimientos sólidos en ciencias básicas y en su disciplina de especialidad; con capacidad de análisis y de síntesis; reflexivos, capaces de entender los aspectos físicos de un problema de ingeniería y que sepan manejar las herramientas matemáticas, experimentales y de cómputo para resolverlo; autodidactas e innovadores; ingenieros emprendedores y competitivos en el ámbito nacional e internacional; que su perfil obedezca más al de un tecnólogo que al de un técnico. Que al término de sus estudios de licenciatura sean capaces de incorporarse con éxito al sector productivo, o bien emprender y terminar estudios de posgrado; con formación multidisciplinaria y competente para el trabajo en equipo. Profesionales que tengan un elevado compromiso con el país, con sensibilidad hacia sus problemas sociales y con potencialidad para incidir en su solución, asumiendo los más altos valores de ética e integridad.

4.1.2 Del plan de estudios

El objetivo de la carrera de ingeniería en Sistemas Biomédicos es formar ingenieros con conocimientos sólidos y habilidades en los principios de la ingeniería en las áreas de biomecánica, instrumentación biomédica y logística hospitalaria, para integrarlos y aplicarlos en el área biomédica, conforme al perfil profesional.

4.2 Perfiles

4.2.1 De ingreso

El alumno que decida estudiar esta carrera requiere poseer conocimientos sólidos de matemáticas en álgebra, geometría analítica y cálculo diferencial e integral de funciones de una variable; también debe contar con buenos conocimientos de física, particularmente en lo que respecta a temas relacionados con mecánica clásica, electricidad, magnetismo, así como conocimientos generales de química y de computación. Es también conveniente que posea conocimientos de inglés, por lo menos a nivel de comprensión de textos. Por lo que respecta a las habilidades, es importante que tenga disposición para el trabajo en equipo, capacidad de análisis y síntesis, y de adaptación a situaciones nuevas, así como espíritu creativo.

El perfil de ingreso específico de la carrera de Ingeniería en Sistemas Biomédicos es:

El alumno que decida iniciar esta carrera, debe

- Haber cursado el bachillerato en el área de las Ciencias Físico-Matemáticas, dado que requiere poseer conocimientos sólidos de matemáticas y física; así como conocimientos generales de química
- Tener interés por el área de las Ciencias de la Salud, además de poseer conocimientos de computación y de inglés, por lo menos a nivel de comprensión de textos.
- Con respecto a las habilidades y actitudes, es importante poseer disposición para el trabajo en equipo, capacidad de análisis y síntesis, así como de adaptación a situaciones nuevas y espíritu creativo.

4.2.2 Intermedios

De acuerdo con los objetivos y la estructura curricular del plan de estudios, no aplica el concepto de perfil intermedio.

4.2.3 De egreso

Perfil general:

Los egresados deberán poseer: capacidades para la innovación, potencial para aportar a la creación de tecnologías y actitud emprendedora. Tendrán ideas claras sobre modelado matemático de fenómenos físicos y optimización; estarán abiertos tanto al aprendizaje continuo como a la interdisciplinariedad. Deberán contar con conocimientos sólidos de su idioma y de otra lengua, preferentemente inglés; con capacidad de comunicación oral y escrita; con sensibilidad social y ética profesional; y con potencialidad y vocación para constituirse en factor de cambio.

Perfil específico:

CONOCIMIENTOS

El egresado se caracterizará por:

- Su capacidad de integrar los conocimientos adquiridos en Ingeniería y en el área de las Ciencias de la Salud con la finalidad de diseñar, implantar y desarrollar nuevas tecnologías en el ambiente biomédico hospitalario.
- Contar con capacidad de análisis y de síntesis, estará preparado para innovar, crear tecnología, realizar investigación básica y aplicada, así como mantenerse actualizado, interactuando con médicos, biólogos y con ingenieros mecánicos, mecatrónicos, electrónicos e industriales, entre otras áreas afines.
- Ser líderes en su campo, ya sea en la academia, la investigación o el sector industrial y de servicios, realizar las funciones de planeación, dirección, evaluación y control de los sistemas hospitalarios, procurando la mayor eficiencia, productividad, seguridad y calidad.

APTITUDES Y HABILIDADES

El egresado de esta carrera podrá:

- Diseñar, construir, operar y mantener equipos para su aplicación en sistemas biomédicos.
- Gestionar, evaluar, comparar y seleccionar equipo para sistemas biomédicos.
- Modelar, simular e interpretar el comportamiento de sistemas biomédicos.
- Ser capaz de desarrollar, operar y mantener procesos productivos y operativos en el área de ciencias de la salud.
- Crear, con actitud empresarial, nuevas fuentes de empleo.
- Integrar y coordinar personas y grupos interdisciplinarios.
- Participar en programas de investigación y estudios de posgrado.

ACTITUDES

Las actitudes del egresado de la carrera de Ingeniería en Sistemas Biomédicos desde el punto de vista profesional son:

- Ser creativo e innovador.
- Ser disciplinado y dinámico.
- Ser emprendedor con liderazgo e iniciativa propia.
- Tener confianza en su preparación académica.
- Tener una mente abierta orientada hacia la solución de problemas en la ingeniería.
- Ser honesto, responsable y crítico.
- Actualizarse, superarse y ser competente en su profesión.
- Responsabilizarse del cuidado al medio ambiente.
- Actuar con altos principios éticos en todas sus actividades.
-

En cuanto a las actitudes sociales, debe desarrollar las siguientes:

- Conciencia de la problemática nacional, basada en el conocimiento de la realidad del país.
- Vocación de servicio profesional.
- Promover el cambio en la mentalidad frente a la competitividad internacional.
- Actitud humanista y de servicio hacia la sociedad.
- Compromiso con la preservación del medio ambiente.

4.2.4 Perfil profesional

El egresado de la carrera de Ingeniería en Sistemas Biomédicos se caracteriza por su capacidad de combinar los conocimientos adquiridos en ingeniería y en el área de las ciencias de la salud con la finalidad de diseñar, implantar, mantener y desarrollar nuevas tecnologías en el ambiente médico-hospitalario, interactuando con médicos y con ingenieros mecánicos, mecatrónicos, electrónicos e industriales, entre otras áreas afines.

El egresado del área de **logística hospitalaria** será capaz de gestionar y administrar de manera eficaz y eficiente unidades médicas que brindan servicios de salud y atención hospitalaria, que garanticen la mejor calidad en la atención y satisfacción de las necesidades específicas de las unidades médicas y del usuario, con un enfoque de competitividad, humano y productivo.

El egresado del área de **instrumentación biomédica** será el profesional especializado en diseñar, integrar, operar, mantener, mejorar y generar equipos para aplicaciones biomédicas; así como adquirir, acondicionar, procesar y monitorear las señales biológicas del cuerpo humano.

El egresado del área de **biomecánica** será capaz de diseñar, mejorar y generar tecnología de asistencia médica como dispositivos protésicos, instrumental médico, equipo hospitalario y de rehabilitación y estará capacitado para mejorar el entorno y los medios de trabajo, con base en los estudios de datos anatomo-fisiológicos y tecnológicos aplicados a problemas de mutua adaptación entre el hombre y su ambiente, así como procurar el desarrollo óptimo de las actividades humanas, también realizará investigación en las áreas de biomateriales, biotermofluidos y análisis antropométricos, que podrá ser aplicada en el desarrollo de sistemas biomédicos.

Los egresados se caracterizarán por ser líderes en su campo en la academia, la investigación y el sector industrial y de servicios, realizando las funciones de planeación, dirección, evaluación y control de los sistemas hospitalarios, procurando la mayor eficiencia, productividad seguridad y calidad.

4.3 Duración de los estudios, total de créditos y de asignaturas

La carrera de Ingeniería en Sistemas Biomédicos es de ingreso indirecto y se cursará en diez semestres con un mínimo de 430 créditos, de los cuales 368 son obligatorios y 62 son optativos (mínimos), clasificados en seis áreas: Ciencias Básicas, Ciencias de la Ingeniería, Ingeniería Aplicada, Ciencias Sociales y Humanidades, asignaturas Específicas de Sistemas Biomédicos y asignaturas clasificadas como Otros Cursos, con un pensum mínimo de 3936 horas. El plan de estudios propuesto incluye en algunas de sus asignaturas trabajo experimental de laboratorio y una estancia como medio para que el alumno aplique su formación teórica y desarrolle sus habilidades.

El alumno podrá cursar semestralmente como máximo 60 créditos, cualquiera que sea la suma de asignaturas.

De acuerdo a los artículos 22, 23 y 24 del Reglamento General de Inscripciones, el alumno cuenta con 5 semestres adicionales para aprobar sus asignaturas en exámenes ordinarios y con otros 5 semestres para terminar en exámenes extraordinarios.

El plan de estudios propuesto está diseñado de tal manera que al término de la licenciatura el alumno pueda incorporarse de inmediato a la vida laboral, a una especialización o a realizar estudios de maestría y doctorado.

4.4 Estructura del plan de estudios

La estructura curricular del plan de estudios de las carreras que se ofrecen en la Facultad de Ingeniería contempla la formación en cinco grandes áreas: Ciencias Básicas, Ciencias Sociales y Humanidades, Ciencias de la Ingeniería, Ingeniería Aplicada, y otras asignaturas clasificadas como Otros Cursos. El plan de estudios propuesto rebasa los requerimientos mínimos que establece el Consejo de Acreditación de Enseñanza de la Ingeniería (CACEI) en todas y cada una de las áreas mencionadas (Anexo A.V).

Ciencias Básicas: Fundamentan los conocimientos científicos de los alumnos en matemáticas, física y química. Representan el 30.2 % de los créditos del plan propuesto para la carrera y sus asignaturas se ubican preponderantemente en los semestres iniciales.

Ciencias Sociales y Humanidades: Apoyan la formación social y humanística del ingeniero. Las asignaturas correspondientes se imparten a lo largo de toda la carrera. Representan el 6.5 % de los créditos del plan de estudios propuesto.

Ciencias de la Ingeniería: Fundamentan los conocimientos científicos y tecnológicos de la disciplina, estructurando las teorías de la ingeniería mediante la aplicación de las ciencias básicas. Representan el 27.9 % de los créditos del plan propuesto.

Ingeniería Aplicada: Las asignaturas de esta área permiten hacer uso de los principios de la ingeniería para planear, diseñar, evaluar, construir, operar y preservar infraestructuras y servicios de ingeniería. A esta área corresponde un 14.0 % de los créditos del plan propuesto y sus asignaturas se ubican hacia los semestres finales de la carrera.

La suma entre las áreas de Ciencias de la Ingeniería e Ingeniería Aplicada, representa el 41.9% de los créditos del plan.

Otros Cursos: Complementan la formación del egresado en otros conocimientos pertinentes que no corresponden a las áreas antes mencionadas. Representan el 4.2 % de los créditos propuestos.

Asignaturas Específicas de Sistemas Biomédicos: Las asignaturas de esta área brindan los conocimientos en los fundamentos biológicos, bioquímicos, médicos y anatomofisiológicos, que permitirán al ingeniero integrarlos para comprender, analizar, desarrollar y evaluar sistemas biomédicos. Representan el 17.2% de los créditos del plan propuesto.

El plan de estudios cuenta con tres áreas de conocimiento o módulos terminales: Logística Hospitalaria, Biomecánica e Instrumentación Biomédica. El alumno deberá cursar un mínimo de 42 créditos de asignaturas de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos del módulo seleccionado y elegir otras asignaturas de Ciencias de la Ingeniería en

Sistemas Biomédicos de cualquiera de los otros dos módulos hasta completar un mínimo de 60 créditos.

El alumno deberá cursar las asignaturas optativas de Ingeniería Aplicada en Sistemas Biomédicos hasta completar un mínimo de 32 créditos.

Para cursar la asignatura Estancia, que se ubica en el noveno semestre, el alumno debe:

- Tener un 80% de avance en los créditos de la carrera.
- No cursar otras asignaturas de manera simultanea
- Cumplir con un horario de 8 horas diarias, en un hospital de tercer nivel o instituto nacional de salud.
- Tener un proyecto a realizar.

Para fortalecer el dominio de una lengua extranjera, preferentemente el idioma inglés, algunos grupos de las asignaturas Temas Selectos podrán ser impartidos en dicho idioma. Será responsabilidad del alumno que al momento de la inscripción cuente con el dominio de la lengua. El Jefe del Departamento de Ingeniería en Sistemas Biomédicos cuidará que en ningún semestre se impartan sólo grupos en inglés.

4.5 Mecanismos de flexibilidad

Seriación mínima y bloque móvil

Para facilitar el avance escolar de los alumnos, el plan de estudios considera la seriación mínima indispensable entre asignaturas indicada en el mapa curricular, así como el establecimiento del denominado “bloque móvil” que flexibiliza la posibilidad de cursar asignaturas no seriadas en un rango de tres semestres consecutivos. Los detalles de este mecanismo se precisan en el inciso 4.6.

Movilidad

El plan de estudios propuesto permite que los alumnos puedan cursar asignaturas en otras instituciones de educación superior, nacionales o extranjeras, o en otros planteles de la UNAM, conforme a los artículos 58 al 60 del *Reglamento General de Estudios Universitarios*, al *Acuerdo por el que se establece el Programa de Movilidad Estudiantil de la Universidad Nacional Autónoma de México* y al *Programa de movilidad estudiantil para alumnos de licenciatura* aprobado por el Consejo Técnico de la Facultad de Ingeniería, y que, en su caso, dichas asignaturas puedan ser revalidadas, todo ello atendiendo a que los contenidos sean dictaminados como equivalentes por el Coordinador de Carrera y se cumplan los requisitos establecidos por la administración escolar para su validación. El *Programa de movilidad estudiantil para alumnos de licenciatura* de la Facultad de Ingeniería se incluye en el Anexo 1 de este documento.

Titulación

La Facultad de Ingeniería ofrece las siguientes opciones de titulación:

1. Titulación mediante tesis o tesina y examen profesional.
2. Titulación por actividad de investigación.
3. Titulación por seminario de tesis o tesina.
4. Titulación mediante examen general de conocimientos.
5. Titulación por totalidad de créditos y alto nivel académico.
6. Titulación por trabajo profesional.
7. Titulación por estudios de posgrado.
8. Titulación por ampliación y profundización de conocimientos.
9. Titulación por Servicio Social.

La descripción de cada una de estas opciones de titulación se incluye en el *Reglamento de opciones de titulación para las licenciaturas de la Facultad de Ingeniería*, aprobado por el Consejo Técnico, y disponible en el Anexo 2.

La flexibilidad del plan de estudios se da por medio de la selección de los módulos por parte de los alumnos, quienes deberán cursar un mínimo 42 créditos del módulo seleccionado elegir otras asignaturas de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos de cualquiera de los otros dos módulos hasta completar un mínimo de 60 créditos.

El plan de estudios cuenta con un curso optativo de área Médico-Biológica con un valor mínimo de 8 créditos. En el caso de las asignaturas de Ingeniería Aplicada, todas están definidas como Temas Selectos de Ingeniería en Sistemas Biomédicos, con lo que se tienen temarios flexibles, que serán autorizados cada semestre por el Comité de Carrera³ [Anexo 3], debiéndose cumplir un mínimo de 32 créditos para Ingeniería Aplicada.

Se permitirá cursar un máximo de 60 créditos por semestre, cualquiera que sea la suma de asignaturas. Los alumnos podrán cursar asignaturas de otras carreras que se impartan en la Facultad de Ingeniería, o en otras Facultades de la UNAM o en otras Universidades, las revalidaciones serán autorizadas por el Coordinador de la Carrera de Ingeniería en Sistemas Biomédicos.

³ En tanto no existan egresados de la carrera se integrarán alumnos que hayan desarrollado proyectos de titulación en áreas afines a la carrera de Ingeniería en Sistemas Biomédicos.

4.6 Seriación

El plan de estudios contempla seriación obligatoria entre algunas asignaturas, con la finalidad de asegurar que el estudiante tenga los conocimientos antecedentes necesarios al momento de cursar asignaturas que así lo requieren. La seriación obligatoria, en su caso, se indica en el mapa curricular del plan de estudios propuesto y en los programas de cada una de sus asignaturas. La relación entre asignaturas seriadas se indica en el mapa curricular con líneas continuas.

En cuanto a la seriación indicativa, es la estructura propia del plan la que marca el orden sugerido para cursar las asignaturas, de acuerdo con el semestre en que se ubican, según el mapa curricular.

Bloque móvil

Es el mecanismo que, junto con la seriación obligatoria entre asignaturas, permite regular el avance escolar ordenado de los estudiantes. El bloque móvil acota el conjunto de las materias a las que un estudiante puede inscribirse semestralmente.

El alumno podrá cursar asignaturas comprendidas dentro de tres semestres consecutivos, contados a partir del semestre en que se ubique la asignatura más rezagada; así, por ejemplo, un alumno podrá cursar asignaturas hasta del cuarto semestre cuando haya aprobado completamente las del primero; hasta del quinto semestre cuando haya aprobado completamente todas las asignaturas del primero y el segundo; y así sucesivamente. La movilidad de los alumnos al interior del bloque deberá respetar, si es el caso, la seriación obligatoria entre asignaturas que se indica en los mapas curriculares, es decir, el alumno no podrá cursar asignaturas seriadas sin haber aprobado las materias antecedentes.

Para los alumnos de nuevo ingreso, el bloque móvil se aplicará a partir de su segundo semestre de inscripción, contando las asignaturas no acreditadas del primero, en su caso, como integrantes del bloque.

La seriación obligatoria, por área, comprende las relaciones entre asignaturas que se indican en las tablas siguientes.

SERIACIÓN OBLIGATORIA ENTRE ASIGNATURAS	
CIENCIAS BÁSICAS	
PARA CURSAR	ES NECESARIO HABER APROBADO
Acústica y Óptica	Electricidad y Magnetismo
Álgebra Lineal	Álgebra
Análisis Numérico	Ecuaciones Diferenciales
Cálculo Integral	Cálculo y Geometría Analítica
Cálculo Vectorial	Cálculo Integral
Cinemática y Dinámica	Estática
Ecuaciones Diferenciales	Cálculo Integral
Electricidad y Magnetismo	Cálculo Vectorial
Estadística	Probabilidad
Estática	Cálculo y Geometría Analítica

Tabla 2. Seriación obligatoria de las asignaturas del área de Ciencias Básicas

SERIACIÓN OBLIGATORIA ENTRE ASIGNATURAS	
CIENCIAS DE LA INGENIERÍA	
PARA CURSAR	ES NECESARIO HABER APROBADO
Electrónica Básica	Análisis de Circuitos

Tabla 3. Seriación obligatoria de las asignaturas del área de Ciencias de la Ingeniería

SERIACIÓN OBLIGATORIA ENTRE ASIGNATURAS	
INGENIERÍA APLICADA	
PARA CURSAR	ES NECESARIO HABER APROBADO
Estancia	Aspectos legales de las organizaciones de atención médica Instalaciones Hospitalarias Que el alumno haya acreditado el 80% de los créditos del plan de estudios.

Tabla 4. Seriación obligatoria de las asignaturas del área de Ingeniería Aplicada

SERIACIÓN OBLIGATORIA ENTRE ASIGNATURAS	
ASIGNATURAS ESPECÍFICAS DE SISTEMAS BIOMÉDICOS	
PARA CURSAR	ES NECESARIO HABER APROBADO
Bioquímica	Química
Introducción a la Anatomía y Fisiología II	Introducción a la Anatomía y Fisiología I
Mecánica del Cuerpo Humano	Mecánica de Sólidos

Tabla 5. Seriación obligatoria de las asignaturas Específicas de Sistemas Biomédicos

4.7 Tablas de asignaturas o módulos por semestre

A continuación se presenta la distribución por semestre de las asignaturas del plan de estudios:

CLAVE	NOMBRE DE LA ASIGNATURA	TIPO DE ASIGNATURA		HORAS / SEMANA		TOTAL DE HORAS POR SEMESTRE	CRÉDITOS
		MODALIDAD	CARÁCTER	TEÓRICAS	PRÁCTICAS		
PRIMER SEMESTRE							
	Álgebra	Curso	Obligatoria	4	0	64	8
	Cálculo Diferencial y Geometría Analítica	Curso	Obligatoria	6	0	96	12
	Fundamentos de Programación	Curso, laboratorio	Obligatorio	4	2	96	10
	Química	Curso, laboratorio	Obligatoria	4	2	96	10
	Redacción y Exposición de Temas de Ingeniería	Curso	Obligatoria	2	2	64	6
SEGUNDO SEMESTRE							
	Álgebra Lineal	Curso	Obligatoria	4	0	64	8
	Cálculo Integral	Curso	Obligatoria	4	0	64	8
	Cultura y Comunicación	Laboratorio	Obligatoria		2	32	2
	Estática	Curso	Obligatoria	4		64	8
	Introducción a la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	Laboratorio	Obligatoria		2	32	2
	Manufactura I	Curso, laboratorio	Obligatoria	2	4	96	8
TERCER SEMESTRE							
	Bioquímica	Curso	Obligatoria	4	0	64	8
	Cálculo Vectorial	Curso	Obligatoria	4	0	64	8
	Cinemática y Dinámica	Curso	Obligatoria	4	0	64	8
	Dibujo Mecánico Industrial	Curso, laboratorio	Obligatoria	2	2	64	6
	Ecuaciones Diferenciales	Curso	Obligatoria	4	0	64	8
	Ingeniería Económica	Curso	Obligatoria	4	0	64	8
CUARTO SEMESTRE							
	Análisis Numérico	Curso	Obligatoria	4		64	8
	Biología Celular y Tisular	Curso	Obligatoria	2	2	64	6
	Electricidad y Magnetismo	Curso, laboratorio	Obligatoria	4	2	96	10

	Probabilidad	Curso	Obligatoria	4	0	64	8
	Taller Sociohumanístico I	Taller	Optativa		2	32	2
	Termodinámica	Curso, laboratorio	Obligatoria	4	2	96	10
QUINTO SEMESTRE							
	Análisis de Circuitos	Curso, laboratorio	Obligatoria	4	2	96	10
	Estadística	Curso	Obligatoria	4	0	64	8
	Ingeniería de Materiales	Curso, laboratorio	Obligatoria	4	2	96	10
	Introducción a la Anatomía y Fisiología I	Curso	Obligatoria	4		64	8
	Obligatoria de elección de Ciencias Básicas	Curso	Obligatoria	4		64	8
	Taller Sociohumanístico II	Taller	Optativa		2	32	2
SEXTO SEMESTRE							
	Electrónica Básica	Curso, laboratorio	Obligatoria	4	2	96	10
	Estudio del Trabajo	Curso, laboratorio	Obligatoria	4	2	96	10
	Introducción a la Anatomía y Fisiología II	Curso, laboratorio	Obligatoria	4	2	96	10
	Mecánica de Sólidos	Curso	Obligatoria	4		64	8
	Obligatoria de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	Curso	Obligatoria	4		64	8
	Seminario Sociohumanístico	Seminario	Optativa		2	32	2
SEPTIMO SEMESTRE							
	Ética Profesional	Curso, laboratorio	Obligatoria	2	2	64	6
	Instrumentación	Curso	Obligatoria	4		64	8

	y Control						
	Mecánica del Cuerpo Humano	Curso, laboratorio	Obligatoria	4	2	96	10
	Obligatoria de Elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	Curso	Obligatoria	4		64	8
	Obligatoria de Elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	Curso	Obligatoria	4		64	8
	Psicología Médica	Curso	Obligatoria	4		64	8
OCTAVO SEMESTRE							
	Aspectos Legales en las Organizaciones de la Atención Médica	Curso	Obligatoria	4		64	8
	Instalaciones Hospitalarias	Curso	Obligatoria	4		64	8
	Obligatoria de Elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	Curso	Obligatoria	4		64	8
	Obligatoria de Elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	Curso	Obligatoria	4		64	8
	Optativa de Elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	Curso	Optativa	4		64	8
	Optativa de Elección de	Curso	Optativa	4		64	8

	Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos						
NOVENO SEMESTRE							
	Estancia	Estancia	Obligatoria		20	320	20
DÉCIMO SEMESTRE							
	Optativa Ingeniería Aplicada de Sistemas Biomédicos	Curso	Optativa	4		64	8
	Optativa Ingeniería Aplicada de Sistemas Biomédicos	Curso	Optativa	4		64	8
	Optativa Ingeniería Aplicada de Sistemas Biomédicos	Curso	Optativa	4		64	8
	Optativa Ingeniería Aplicada de Sistemas Biomédicos	Curso	Optativa	4		64	8
	Optativa Médico-Biológica	Curso	Optativa	4		64	8
	Recursos y Necesidades de México	Curso	Obligatoria	4		64	8

Tabla 6. Distribución de las asignaturas de la carrera de Ingeniería en Sistemas Biomédicos por semestre

ASIGNATURAS OBLIGATORIAS DEL MÓDULO DE INSTRUMENTACIÓN BIOMÉDICA							
CLAVE	NOMBRE DE LA ASIGNATURA	TIPO DE ASIGNATURA		HORAS / SEMANA		TOTAL DE HORAS POR SEMESTRE	CRÉDITOS
		MODALIDAD	CARÁCTER	TEÓRICAS	PRÁCTICAS		
	Amplificación y Filtrado de Señales Médicas	Curso, laboratorio	Obligatoria de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4	2	96	10
	Análisis de Señales Biomédicas	Curso, laboratorio	Obligatoria de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4	2	96	10
	Circuitos Digitales	Curso, laboratorio	Obligatoria de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4	2	96	10
	Matemáticas Avanzadas	Curso	Obligatoria de elección de Ciencias Básicas	4	0	64	10
	Mediciones Clínicas	Curso, laboratorio	Obligatoria de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4	2	96	10
	Sistemas de Medición y Transductores Médicos	Curso, laboratorio	Obligatoria de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4	2	96	10

Tabla 7. Distribución de las asignaturas obligatorias del módulo de Instrumentación Biomédica

ASIGNATURAS OPTATIVAS DEL MÓDULO DE INSTRUMENTACIÓN BIOMÉDICA							
CLAVE	NOMBRE DE LA ASIGNATURA	TIPO DE ASIGNATURA		HORAS / SEMANA		TOTAL DE HORAS POR SEMESTRE	CRÉDITOS
		MODALIDAD	CARÁCTER	TEÓRICAS	PRÁCTICAS		
	Biomateriales	Curso	Optativa de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4	2	96	10
	Bietermofluidos I	Curso, laboratorio	Optativa de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4	2	96	10
	Calidad	Curso	Optativa de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4	2	96	10
	Diseño de Elementos Mecánicos	Curso	Optativa de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4		64	8
	Ergonomía	Curso	Optativa de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4		64	8
	Evaluación de Proyectos de Inversión	Curso	Optativa de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4		64	8
	Investigación de Operaciones	Curso	Optativa de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4		64	8
	Optimización de Operaciones	Curso	Obligatoria de elección de Ciencias de la Ingeniería en	4		64	8

			Sistemas Biomédicos				
	Planeación y Control de Recursos Hospitalarios	Curso	Optativa de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4	2	96	10

Tabla 8. Distribución de las asignaturas optativas del módulo de Instrumentación Biomédica

ASIGNATURAS OBLIGATORIAS DEL MÓDULO DE BIOMECÁNICA							
CLAVE	NOMBRE DE LA ASIGNATURA	MODALIDAD	CARÁCTER	TIPO DE ASIGNATURA		TOTAL DE HORAS POR SEMESTRE	CRÉDITOS
				HORAS / SEMANA			
				TEÓRI CAS	PRÁCTI CAS		
	Acústica y Óptica	Curso, laboratorio	Obligatoria de elección de Ciencias Básicas	4	2	96	10
	Biomateriales	Curso	Obligatoria de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4	2	96	10
	Biotermofluidos I	Curso, laboratorio	Obligatoria de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4	2	96	10
	Circuitos Digitales	Curso, laboratorio	Obligatoria de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4	2	96	10
	Diseño de Elementos de Máquinas	Curso	Obligatoria de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4		64	8
	Ergonomía	Curso	Obligatoria de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4		64	8

Tabla 9. Distribución de las asignaturas obligatorias del módulo de Biomecánica

ASIGNATURAS OPTATIVAS DEL MÓDULO DE BIOMECÁNICA							
CLAVE	NOMBRE DE LA ASIGNATURA	TIPO DE ASIGNATURA		HORAS / SEMANA		TOTAL DE HORAS POR SEMESTRE	CRÉDITOS
		MODALIDAD	CARÁCTER	TEÓRICAS	PRÁCTICAS		
	Amplificación y Filtrado de Señales Médicas	Curso, laboratorio	Optativa de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4	2	96	10
	Análisis de Señales Biomédicas	Curso, laboratorio	Optativa de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4	2	96	10
	Calidad	Curso	Optativa de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4	2	96	10
	Estadística Aplicada	Curso	Optativa de elección de Ciencias Básicas	4		64	8
	Evaluación de Proyectos de Inversión	Curso	Optativa de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4		64	8
	Investigación de Operaciones	Curso	Optativa de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4		64	8
	Mediciones Clínicas	Curso, laboratorio	Optativa de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4	2	96	10
	Optimización de Operaciones	Curso	Optativa de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4		64	8
	Planeación y Control de Recursos Hospitalarios	Curso	Optativa de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4	2	96	10
	Sistemas de Medición y Transductores Médicos	Curso, laboratorio	Optativa de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4	2	96	10

Tabla 10. Distribución de las asignaturas optativas del módulo de Biomecánica

ASIGNATURAS OBLIGATORIAS DEL MÓDULO DE LOGÍSTICA HOSPITALARIA							
CLAVE	NOMBRE DE LA ASIGNATURA	TIPO DE ASIGNATURA		HORAS / SEMANA		TOTAL DE HORAS POR SEMESTRE	CRÉDITOS
		MODALIDAD	CARÁCTER	TEÓRICAS	PRÁCTICAS		
	Calidad	Curso	Obligatoria de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4	2	96	10
	Estadística Aplicada	Curso	Obligatoria de elección de Ciencias Básicas	4		64	8
	Evaluación de Proyectos de Inversión	Curso	Obligatoria de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4		64	8
	Investigación de Operaciones	Curso	Obligatoria de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4		64	8
	Optimización de Operaciones	Curso	Obligatoria de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4		64	8
	Planeación y Control de Recursos Hospitalarios	Curso	Obligatoria de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4	2	96	10

Tabla 11. Distribución de las asignaturas obligatorias del módulo de Logística Hospitalaria

ASIGNATURAS OPTATIVAS DEL MÓDULO DE LOGÍSTICA HOSPITALARIA							
CLAVE	NOMBRE DE LA ASIGNATURA	TIPO DE ASIGNATURA		HORAS / SEMANA		TOTAL DE HORAS POR SEMESTRE	CRÉDITOS
		MODALIDAD	CARÁCTER	TEÓRICAS	PRÁCTICAS		
	Amplificación y Filtrado de Señales Médicas	Curso, laboratorio	Optativa de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4	2	96	10
	Análisis de Señales Biomédicas	Curso, laboratorio	Optativa de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4	2	96	10
	Biomateriales	Curso	Optativa de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4	2	96	10
	Biotermofluidos I	Curso, laboratorio	Optativa de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4	2	96	10
	Circuitos Digitales	Curso, laboratorio	Optativa de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4	2	96	10
	Diseño de Elementos de Máquinas	Curso	Optativa de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4	0	64	8
	Ergonomía	Curso	Optativa de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4	0	64	8
	Mediciones Clínicas	Curso, laboratorio	Optativa de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4	2	96	10

	Sistemas de Medición y Transductores Médicos	Curso, laboratorio	Optativa de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	4	2	96	10
--	--	--------------------	--	---	---	----	----

Tabla 12. Distribución de las asignaturas optativas del módulo de Logística Hospitalaria

ASIGNATURAS OPTATIVAS DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES							
CLAVE	NOMBRE DE LA ASIGNATURA	TIPO DE ASIGNATURA		HORAS / SEMANA		TOTAL DE HORAS POR SEMESTRE	CRÉDITOS
		MODALIDAD	CARÁCTER	TEÓRICAS	PRÁCTICAS		
	Ciencia, Filosofía y Sociedad	Curso	Optativa	2	0	32	4
	Introducción al Económico	Curso	Optativa	2	0	32	4
	Literatura Hispanoamericana Contemporánea	Curso	Optativa	2	2	64	6
	México Nación Multicultural	Curso	Optativa	2	0	32	4
	Seminario Sociohumanístico: Historia y Prospectiva de la Ingeniería	Seminario	Optativa	0	2	32	2
	Seminario Sociohumanístico: Ingeniería y Políticas Públicas	Seminario	Optativa	0	2	32	2
	Seminario Sociohumanístico: Ingeniería y Sustentabilidad	Seminario	Optativa	0	2	32	2
	Taller Sociohumanístico: Creatividad	Taller	Optativa	0	2	32	2
	Taller Sociohumanístico: Liderazgo	Taller	Optativa	0	2	32	2

Tabla 13. Distribución de las asignaturas optativas del área de Ciencias Sociales y Humanidades

OPTATIVAS DE LA INGENIERÍA APLICADA EN SISTEMAS BIOMÉDICOS							
CLAVE	NOMBRE DE LA ASIGNATURA	TIPO DE ASIGNATURA		HORAS / SEMANA		TOTAL DE HORAS POR SEMESTRE	CRÉDITOS
		MODALIDAD	CARÁCTER	TEÓRICAS	PRÁCTICAS		
	Temas selectos de Ingeniería en Sistemas Biomédicos I	Curso	Optativa	4	0	64	8
	Temas selectos de Ingeniería en Sistemas Biomédicos II	Curso	Optativa	4	0	64	8
	Temas selectos de Ingeniería en Sistemas Biomédicos III	Curso	Optativa	4	0	64	8
	Temas selectos de Ingeniería en Sistemas Biomédicos IV	Curso	Optativa	4	0	64	8
	Temas selectos de Ingeniería en Sistemas Biomédicos V	Curso	Optativa	4	0	64	8
	Temas selectos de Ingeniería en Sistemas Biomédicos VI	Curso	Optativa	4	0	64	8
	Temas selectos de Ingeniería en Sistemas Biomédicos VII	Curso	Optativa	4	0	64	8

Tabla 14. Distribución de las asignaturas optativas de la ingeniería aplicada en Sistemas Biomédicos

Notas sobre el plan de estudios

- I. El alumno deberá cursar un mínimo de 42 créditos de asignaturas de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos del módulo seleccionado y elegir otras asignaturas de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos de cualquiera de los otros dos módulos hasta completar un mínimo de 60 créditos.
- II. El alumno deberá cursar las asignaturas optativas de Ingeniería Aplicada en Sistemas Biomédicos hasta completar un mínimo de 32 créditos
- III. El alumno deberá cursar la asignatura optativa del área Médico-Biológica con un valor mínimo de 8 créditos, la cual podrá ser Temas Selectos del Área Médico Biológica o bien otra asignatura en alguno de los programas de la UNAM o universidades nacionales o extranjeras, previa autorización del Coordinador de Carrera de Ingeniería en Sistemas Biomédicos.
- IV. El mapa curricular señala el número mínimo de créditos que el alumno deberá cursar para considerar cubierto su plan de estudios, sin embargo, podrá cursar cualquier asignatura adicional que se encuentre en la Facultad de Ingeniería, en alguno de los programas de la UNAM o universidades nacionales o extranjeras, previa autorización del Coordinador de Carrera.
- V. Algunos grupos de las asignaturas de Temas Selectos de Ingeniería en Sistemas Biomédicos I, Temas Selectos de Ingeniería en Sistemas Biomédicos II, Temas Selectos de Ingeniería en Sistemas Biomédicos III, Temas Selectos de Ingeniería en Sistemas Biomédicos IV, Temas Selectos de Ingeniería en Sistemas Biomédicos V, Temas Selectos de Ingeniería en Sistemas Biomédicos VI y Temas Selectos de Ingeniería en Sistemas Biomédicos VII podrán impartirse parcial o totalmente en el idioma inglés.

- VI. Para facilitar la revalidación de las asignaturas cursadas durante las estancias en otras instituciones de educación superior de prestigio, nacionales y extranjeras, la propuesta del plan de estudios considera la inclusión de las asignaturas Movilidad I, Movilidad II, Movilidad III, Movilidad IV, Movilidad V, Movilidad VI, Movilidad VII, Movilidad VIII, Movilidad IX, Movilidad X y Movilidad XI, las cuales podrán ser utilizadas exclusivamente por aquellos alumnos que realicen algún programa de movilidad en alguna institución de educación ajena a la UNAM. Estas asignaturas deberán solicitarse al momento de iniciar el trámite de movilidad, posteriormente el Coordinador de Carrera analizará cada una de ellas y someterá la solicitud al Comité de Movilidad de la Facultad de Ingeniería
- VII. El mapa curricular señala el número mínimo de créditos que el alumno deberá cursar para considerar cubierto su plan de estudios, sin embargo, podrá cursar créditos adicionales que sean de su interés.
- VIII. El alumno podrá cursar semestralmente como máximo 60 créditos, cualquiera que sea la suma de asignaturas.
- IX. El alumno deberá cubrir como mínimo 6 créditos de asignaturas optativas sociohumanísticas. Podrá hacerlo cursando tres asignaturas de dos créditos, como lo indica el mapa curricular, o bien, mediante una o dos asignaturas del área (recomendablemente en diferentes semestres) que cubran, al menos, 6 créditos. En este último caso, para efectos de la aplicación del bloque móvil, deberá considerarse la ubicación del semestre en el que se encuentra la primera asignatura optativa sociohumanística.

Las siguientes tablas resumen el número de asignaturas, de créditos y de horas del plan de estudios:

RESUMEN					
ASIGNATURAS					
OBLIGATORIAS	OPTATIVAS	TEÓRICAS	PRÁCTICAS	TEÓRICO/ PRÁCTICAS	TOTAL
44	10	33	6	15	54

Tabla 15. Resumen del número de asignaturas de la carrera de Ingeniería en Sistemas Biomédicos

RESUMEN					
CRÉDITOS					
OBLIGATORIOS	OPTATIVOS	TEÓRICOS	PRÁCTICOS	TEÓRICO/ PRÁCTICOS	TOTAL
368	62	268	30	132	430*

Tabla 16. Resumen del número de créditos de la carrera de Ingeniería en Sistemas Biomédicos

RESUMEN					
HORAS					
OBLIGATORIAS	OPTATIVAS	TEÓRICAS	PRÁCTICAS	TEÓRICO/ PRÁCTICAS	TOTAL
3392	544	2144	480	1312	3936

Tabla 17. Resumen del número de horas de la carrera de Ingeniería en Sistemas Biomédicos

*Los créditos optativos se están sumando como teóricos.

4.8 Mapa curricular

A continuación se presenta el mapa curricular del plan propuesto para la licenciatura de Ingeniería en Sistemas Biomédicos.

**FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS PROPUUESTO DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA EN SISTEMAS BIOMÉDICOS**

ASIGNATURAS CURRICULARES**

Semestre	Asignaturas						Cálculos			
	1	2	3	4	5	6	1º Semestre	2º Semestre	3º Semestre	
1	ÁLGEBRA 5 4.0 0.0 4.0	CÁLCULO Y GEOMETRÍA ANALÍTICA 12 8.0 0.0 8.0	QUÍMICA (L) 10 4.0 2.0 8.0	FUNDAMENTOS DE PROGRAMACIÓN (L) 10 4.0 2.0 8.0	REDACCIÓN Y EXPOSICIÓN DE TESIS DE INGENIERÍA 8 2.0 2.0 4.0					
2	ÁLGEBRA LINEAL 5 4.0 0.0 4.0	CÁLCULO INTEGRAL 5 4.0 0.0 4.0	ESTADÍSTICA 5 4.0 0.0 4.0	MANUFACTURA (L) 5 2 4 8.0	CULTURA Y COMUNICACIÓN 2 0.0 2.0 2.0	INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA EN SISTEMAS BIOMÉDICOS (I) 2 0.0 2.0 2.0				
3	ECUACIONES DIFERENCIALES 5 4.0 0.0 4.0	CÁLCULO VECTORIAL 5 4.0 0.0 4.0	ENGINOMÍA Y DINÁMICA 5 4.0 0.0 4.0	INGENIERÍA ECONÓMICA 5 4.0 0.0 4.0	DISCRECIÓN C. INDUSTRIAL (L) 8 2 2 4.0	BIOLÓGICA 5 4.0 0.0 4.0				
4	ANÁLISIS NUMÉRICO 5 4.0 0.0 4.0	PROBABILIDAD 5 4.0 0.0 4.0	TERMODINÁMICA (L) 10 4.0 2.0 8.0	ELECTRÓNICA ANALÓGICA (L) 10 4.0 2.0 8.0	OPTATIVA DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES 2 0.0 2.0 2.0	BIOLÓGIA CELULAR Y TISULAR 5 2.0 2.0 4.0				
5	ANÁLISIS DE CIRCUITOS (L) 10 4.0 2.0 8.0	ESTADÍSTICA 5 4.0 0.0 4.0	INGENIERÍA DE MATERIALES (L) 10 4.0 2.0 8.0	ORBITAS DE ELECCIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS 5 4.0 0.0 4.0	OPTATIVA DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES 2 0.0 2.0 2.0	INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA EN SISTEMAS BIOMÉDICOS (II) 5 4.0 0.0 4.0				
6	ELECTRÓNICA BÁSICA (L) 10 4.0 2.0 8.0	MECÁNICA DE SÓLIDOS 5 4.0 0.0 4.0	ESTUDIO DEL TRABAJO (L) 10 4.0 2.0 8.0	DESIGN DE SISTEMAS DE CONTROL DE LA INGENIERÍA EN SISTEMAS BIOMÉDICOS 5 4.0 0.0 4.0	OPTATIVA DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES 2 0.0 2.0 2.0	INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA EN SISTEMAS BIOMÉDICOS (III) 10 4.0 2.0 8.0				
7	INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL 5 4.0 0.0 4.0	MECÁNICA DEL CUERPO HUMANO (L) 10 4.0 2.0 8.0	ÉTICA PROFESIONAL 5 2.0 2.0 4.0	PSICOLOGÍA MÉDICA 5 4.0 0.0 4.0	DESIGN DE SISTEMAS DE CONTROL DE LA INGENIERÍA EN SISTEMAS BIOMÉDICOS 5 4.0 0.0 4.0	DESIGN DE SISTEMAS DE CONTROL DE LA INGENIERÍA EN SISTEMAS BIOMÉDICOS (II) 5 4.0 0.0 4.0				
8	ESECTOS LEGALES EN LAS ORGANIZACIONES DE LA PROFESIÓN INGENIERÍA 5 4.0 0.0 4.0	INSTALACIONES HOSPITALARIAS 5 4.0 0.0 4.0	OPTATIVA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA EN SISTEMAS BIOMÉDICOS 5 4.0 0.0 4.0	OPTATIVA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA EN SISTEMAS BIOMÉDICOS 5 4.0 0.0 4.0	DESIGN DE SISTEMAS DE CONTROL DE LA INGENIERÍA EN SISTEMAS BIOMÉDICOS 5 4.0 0.0 4.0	DESIGN DE SISTEMAS DE CONTROL DE LA INGENIERÍA EN SISTEMAS BIOMÉDICOS 5 4.0 0.0 4.0				
9	ESTADIA 20 8.0 20.0 28.0									
10	OPTATIVA DE LA INGENIERÍA EN SISTEMAS BIOMÉDICOS 5 4.0 0.0 4.0	OPTATIVA DE LA INGENIERÍA EN SISTEMAS BIOMÉDICOS 5 4.0 0.0 4.0	OPTATIVA DE LA INGENIERÍA EN SISTEMAS BIOMÉDICOS 5 4.0 0.0 4.0	OPTATIVA DE LA INGENIERÍA EN SISTEMAS BIOMÉDICOS 5 4.0 0.0 4.0	OPTATIVA DE LA INGENIERÍA EN SISTEMAS BIOMÉDICOS 5 4.0 0.0 4.0	RECURSOS Y NECESIDADES DE MÉDICO 5 4 0 4.0				

Legend:

- Asignaturas de ciencias básicas (20 créditos)
- Asignaturas de ciencias de la ingeniería (20 créditos)
- Asignaturas de ingeniería especializada (20 créditos)
- Asignaturas de ciencias auxiliares humanísticas (20 créditos)
- Otras asignaturas mancomunadas (16 créditos)
- Especificaciones de la carrera (14 créditos)

Calculations:

Cálculos obligatorios (Cálculos obligatorios) **200**

Cálculos optativos (Cálculos optativos) **80**

Total **Total** **400**

PERIODO ACADÉMICO: **2020 HORAS**

(L) Incluye laborables por semana
(T) Incluye laborables totales
(*) Incluye horas optativas

NOTAS:

La suma de horas de cálculo es de 400 horas
 t: Horas totales
 o: Horas optativas
 e: Total de horas de trabajo y prácticas

MÓDULOS POR ÁREA DE CONOCIMIENTO

MÓDULO DE INSTRUMENTACIÓN BIOMÉDICA

Obligatoria de elección de Ciencias Básicas	
MATEMÁTICAS AVANZADAS	8
Obligatorias de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	
AMPLIFICACIÓN Y FILTRADO DE SEÑALES MÉDICAS (L)	10
ANÁLISIS DE BIOSEÑALES (L)	10
CIRCUITOS DIGITALES (L)	10
MEDICIONES CLÍNICAS (L)	10
SISTEMAS DE MEDICIÓN Y TRANSDUCTORES MÉDICOS (L)	10
Optativas de Ciencias la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	
BIOMATERIALES (L)	10
BIOTERMOFLUIDOS I (L+)	10
CALIDAD	8
DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS	8
ERGONOMÍA	8
EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN	8
INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I	8
OPTIMIZACIÓN DE OPERACIONES	8
PLANEACIÓN Y CONTROL DE RECURSOS HOSPITALARIOS (L)	10

MÓDULO DE BIOMECÁNICA

Obligatoria de elección de Ciencias Básicas	
ACÚSTICA Y ÓPTICA (L)	10
Obligatorias de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	
BIOMATERIALES (L)	10
BIOTERMOFLUIDOS I (L+)	10
CIRCUITOS DIGITALES (L)	10
DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS	8
ERGONOMÍA	8
Optativas de Ciencias la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	
AMPLIFICACIÓN Y FILTRADO DE SEÑALES MÉDICAS (L)	10
ANÁLISIS DE BIOSEÑALES (L)	10
CALIDAD	8
EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN	8
INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I	8
MEDICIONES CLÍNICAS (L)	10
OPTIMIZACIÓN DE OPERACIONES	8
PLANEACIÓN Y CONTROL DE RECURSOS HOSPITALARIOS (L)	10
SISTEMAS DE MEDICIÓN Y TRANSDUCTORES MÉDICOS (L)	10

MÓDULO DE LOGÍSTICA HOSPITALARIA

Obligatoria de elección de Ciencias Básicas	
ESTADÍSTICA APLICADA	8
Obligatorias de elección de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	
CALIDAD	8
EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN	8
INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I	8
OPTIMIZACIÓN DE OPERACIONES	8
PLANEACIÓN Y CONTROL DE RECURSOS HOSPITALARIOS (L)	10
Optativas de Ciencias la Ingeniería en Sistemas Biomédicos	
AMPLIFICACIÓN Y FILTRADO DE SEÑALES MÉDICAS (L)	10
ANÁLISIS DE BIOSEÑALES (L)	10
BIOMATERIALES (L)	10
BIOTERMOFLUIDOS I (L+)	10
CIRCUITOS DIGITALES (L)	10
DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS	8
ERGONOMÍA	8
MEDICIONES CLÍNICAS (L)	10
SISTEMAS DE MEDICIÓN Y TRANSDUCTORES MÉDICOS (L)	10

OPTATIVAS DE LA INGENIERÍA APLICADA EN SISTEMAS BIOMÉDICOS

TEMAS SELECTOS DE INGENIERÍA EN SISTEMAS BIOMÉDICOS I	8
TEMAS SELECTOS DE INGENIERÍA EN SISTEMAS BIOMÉDICOS II	8
TEMAS SELECTOS DE INGENIERÍA EN SISTEMAS BIOMÉDICOS III	8
TEMAS SELECTOS DE INGENIERÍA EN SISTEMAS BIOMÉDICOS IV	8
TEMAS SELECTOS DE INGENIERÍA EN SISTEMAS BIOMÉDICOS V	8
TEMAS SELECTOS DE INGENIERÍA EN SISTEMAS BIOMÉDICOS VI	8
TEMAS SELECTOS DE INGENIERÍA EN SISTEMAS BIOMÉDICOS VII	8

OPTATIVA DEL ÁREA MÉDICO-BIOLÓGICA

TEMAS SELECTOS DEL ÁREA MÉDICO-BIOLÓGICA	8
--	---

OPTATIVAS DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES**

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD	4
INTRODUCCIÓN A LA ECONOMÍA	8
INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS ECONÓMICO EMPRESARIAL	4
LITERATURA HISPANOAMERICANA CONTEMPORÁNEA	6
MÉXICO NACIÓN MULTICULTURAL	4
SEMINARIO SOCIOHUMANÍSTICO: HISTORIA Y PROSPECTIVA DE LA INGENIERÍA	2
SEMINARIO SOCIOHUMANÍSTICO: INGENIERÍA Y POLÍTICAS PÚBLICAS	2
SEMINARIO SOCIOHUMANÍSTICO: INGENIERÍA Y SUSTENTABILIDAD	2
TALLER SOCIOHUMANÍSTICO - CREATIVIDAD	2
TALLER SOCIOHUMANÍSTICO- LIDERAZGO	2

OPTATIVAS DE MOVILIDAD ***

MOVILIDAD I	4
MOVILIDAD II	6
MOVILIDAD III	6
MOVILIDAD IV	6
MOVILIDAD V	6
MOVILIDAD VI	6
MOVILIDAD VII	8
MOVILIDAD VIII	8
MOVILIDAD IX	8
MOVILIDAD X	8
MOVILIDAD XI	10

Notas sobre el plan de estudios:

- I. El alumno deberá cursar un mínimo de 42 créditos de asignaturas de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos del módulo seleccionado y elegir otras asignaturas de Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos de cualquiera de los otros dos módulos hasta completar un mínimo de 60 créditos.
- II. El alumno deberá cursar las asignaturas optativas de Ingeniería Aplicada en Sistemas Biomédicos hasta completar un mínimo de 32 créditos
- III. El alumno deberá cursar la asignatura optativa del área Médico-Biológica con un valor mínimo de 8 créditos, en alguno de los programas de la UNAM o universidades nacionales o extranjeras, previa autorización del Coordinador de Carrera de Ingeniería en Sistemas Biomédicos.
- IV. El mapa curricular señala el número mínimo de créditos que el alumno deberá cursar para considerar cubierto su plan de estudios, sin embargo, podrá cursar cualquier asignatura adicional que se encuentre en la Facultad de Ingeniería, en alguno de los programas de la UNAM o universidades nacionales o extranjeras, previa autorización del Coordinador de Carrera.
- V. Algunos grupos de las asignaturas de Temas Selectos de Ingeniería en Sistemas Biomédicos I, Temas Selectos de Ingeniería en Sistemas Biomédicos II, Temas Selectos de Ingeniería en Sistemas Biomédicos III, Temas Selectos de Ingeniería en Sistemas Biomédicos IV, Temas Selectos de Ingeniería en Sistemas Biomédicos V, Temas Selectos de Ingeniería en Sistemas Biomédicos VI y Temas Selectos de Ingeniería en Sistemas Biomédicos VII podrán impartirse parcial o totalmente en el idioma inglés.
- VI. Para facilitar la revalidación de las asignaturas cursadas durante las estancias en otras instituciones de educación superior de prestigio, nacionales y extranjeras, la propuesta del plan de estudios considera la inclusión de las asignaturas Movilidad I, Movilidad II, Movilidad III, Movilidad IV, Movilidad V, Movilidad VI, Movilidad VII, Movilidad VIII, Movilidad IX, Movilidad X y Movilidad XI, las cuales podrán ser utilizadas exclusivamente por aquellos alumnos que realicen algún programa de movilidad en alguna institución de educación ajena a la UNAM. Estas asignaturas deberán solicitarse al momento de iniciar el trámite de movilidad, posteriormente el Coordinador de Carrera analizará cada una de ellas y someterá la solicitud al Comité de Movilidad de la Facultad de Ingeniería
- VII. El mapa curricular señala el número mínimo de créditos que el alumno deberá cursar para considerar cubierto su plan de estudios, sin embargo, podrá cursar créditos adicionales que sean de su interés.
- VIII. El alumno podrá cursar semestralmente como máximo 60 créditos, cualquiera que sea la suma de asignaturas.
- IX. El alumno deberá cubrir como mínimo 6 créditos de asignaturas optativas sociohumanísticas. Podrá hacerlo cursando tres asignaturas de dos créditos, como lo indica el mapa curricular, o bien, mediante una o dos asignaturas del área (recomendablemente en diferentes semestres) que cubran, al menos, 6 créditos. En este último caso, para efectos de la aplicación del bloque móvil, deberá considerarse la ubicación del semestre en el que se encuentra la primera asignatura optativa sociohumanística.

4.9 Requisitos

4.9.1 De ingreso

El aspirante a ingresar a la licenciatura de Ingeniería en Sistemas Biomédicos debe cumplir con los requisitos estipulados por la Legislación Universitaria, específicamente en el *Reglamento General de Inscripciones*, en los artículos 2º y 4º, que a la letra dicen:

Artículo 2o.- Para ingresar a la Universidad es indispensable:

- a) Solicitar la inscripción de acuerdo con los instructivos que se establezcan;
- b) Haber obtenido en el ciclo de estudios inmediato anterior un promedio mínimo de siete o su equivalente;
- c) Ser aceptado mediante concurso de selección, que comprenderá una prueba escrita y que deberá realizarse dentro de los periodos que al efecto se señalen.

Artículo 4o.- Para ingresar al nivel de licenciatura el antecedente académico indispensable es el bachillerato, cumpliendo con lo prescrito en el artículo 8o. de este reglamento.

Adicionalmente, el Consejo Técnico de la Facultad de Ingeniería ha estipulado, como requisito obligatorio para los alumnos de primer ingreso a la licenciatura, la presentación de un examen diagnóstico de conocimientos en física, química y matemáticas. El examen es preparado por profesores adscritos a la División de Ciencias Básicas de la Facultad, junto con pares académicos del bachillerato universitario.

La carrera de Ingeniería en Sistemas Biomédicos es de ingreso indirecto, por lo que sólo podrán ingresar los alumnos provenientes del primer semestre de las carreras de la División de Ingeniería Mecánica e Industrial y de la División de Ingeniería Eléctrica Electrónica de la Facultad de Ingeniería, que cubran los siguientes requisitos:

1. Ser alumno regular de las carreras impartidas en la Facultad de Ingeniería.
2. Haber terminado en su totalidad los créditos del primer semestre con un promedio mínimo de 8.0 (ocho).
3. Haber obtenido una evaluación aprobatoria en el Seminario de Sistemas Biomédicos. La modalidad de impartición de este seminario será competencia del Comité de Carrera de Ingeniería en Sistemas Biomédicos.
4. La selección y admisión de los aspirantes se lleva a cabo por el Subcomité de Admisión considerando lo siguiente:
 - El alumno debe solicitar por escrito la inscripción a la carrera de Ingeniería en Sistemas Biomédicos.
 - El alumno debe presentar un examen psicométrico, con el objetivo de conocer sus habilidades cognitivas y su comportamiento, y así, valorar si es afín a la carrera de Ingeniería en Sistemas Biomédicos. El examen será

elaborado en colaboración con la Dirección General de Evaluación Educativa de la UNAM.

- El alumno se debe presentar a una entrevista con los miembros del Subcomité de Admisión.
- El alumno deberá comprobar que aprobó un examen de comprensión de lectura del idioma inglés, mediante constancia expedida por el Centro de Enseñanza de Lenguas Extranjeras (CELE) de la UNAM, u otro centro de idiomas de las Facultades de Estudios Superiores de la UNAM, o bien, presentar constancia debidamente certificada de una evaluación similar aplicada en otra facultad o escuela de la UNAM, diseñada para cumplir como requisito de egreso a nivel licenciatura. Adicionalmente, se podrá considerar válida una certificación emitida por un organismo externo a la UNAM, mediante constancia de equivalencia expedida por la Dirección de la Facultad, que designará una comisión dedicada a mantener actualizado un catálogo de organismos certificadores autorizados, con la indicación del nivel requerido en cada caso.

El cupo de esta carrera será propuesto por el Comité de Carrera de Ingeniería en Sistemas Biomédicos, en común acuerdo con la Coordinación de Servicio Social de la Facultad de Medicina de la UNAM y será presentado al Consejo Técnico de la Facultad de Ingeniería para su aprobación.

El Subcomité de Admisión estará integrado por cinco profesores del Comité de Carrera de Ingeniería en Sistemas Biomédicos:

4.9.2 Extracurriculares y prerrequisitos

La Facultad de Ingeniería no tiene establecido ningún requisito extracurricular o prerrequisito para el ingreso de los estudiantes a las licenciaturas que ofrece.

4.9.3 De permanencia

Los límites de tiempo que tiene un alumno para cursar el plan de estudios están establecidos en los artículos 22, 23, 24 y 25 del *Reglamento General de Inscripciones* de la UNAM, que a la letra dicen:

Artículo 22. Los límites de tiempo para estar inscrito en la Universidad con los beneficios de todos los servicios educativos y extracurriculares, serán:

- a) Cuatro años para cada uno de los ciclos del bachillerato;
- b) En el ciclo de licenciatura, un 50 por ciento adicional a la duración del plan de estudios respectivo, y
- c) En las carreras cortas, las materias específicas deberán cursarse en un plazo que no exceda al 50 por ciento de la duración establecida en el plan de estudios respectivo.

Los alumnos que no terminen sus estudios en los plazos señalados, no serán reinscritos y únicamente conservarán el derecho a acreditar las materias faltantes por medio de exámenes

extraordinarios, en los términos del capítulo III del Reglamento General de Exámenes, siempre y cuando no rebasen los límites establecidos en el artículo 24.

Estos términos se contarán a partir del ingreso al ciclo correspondiente, aunque se suspendan los estudios, salvo lo dispuesto en el artículo 23.

Artículo 23.- En cada ciclo de estudios, a petición expresa del alumno, el consejo técnico podrá autorizar la suspensión de los estudios hasta por un año lectivo, sin que se afecten los plazos previstos en este reglamento. En casos excepcionales y plenamente justificados, el consejo técnico podrá ampliar dicha suspensión; en caso de una interrupción mayor de tres años, a su regreso el alumno deberá aprobar el examen global que establezca el Consejo Técnico de la facultad o escuela correspondiente.

Artículo 24.- El tiempo límite para el cumplimiento de la totalidad de los requisitos de los ciclos educativos de bachillerato y de licenciatura, será el doble del tiempo establecido en el plan de estudios correspondiente, al término del cual se causará baja en la Institución. En el caso de las licenciaturas no se considerará, dentro de este límite de tiempo, la presentación del examen profesional.

Artículo 25. Los alumnos que hayan suspendido sus estudios podrán reinscribirse, en caso de que los plazos señalados por el artículo 22 no se hubieran extinguido; pero tendrán que sujetarse al plan de estudios vigente en la fecha de su reingreso y, en caso de una suspensión mayor de tres años, deberán aprobar el examen global.

Los alumnos, al concluir su 50 por ciento adicional que les otorga el artículo 22 de este reglamento, podrán concluir sus estudios en otro lapso igual a través de exámenes extraordinarios.

4.9.4 De egreso

El alumno deberá haber cursado y aprobado el 100 por ciento de créditos y el total de las asignaturas contempladas en el plan de estudios.

4.9.5 De titulación

Con base en los artículos 66, 68 y 69 del *Reglamento General de Estudios Universitarios* y en las disposiciones sobre la materia del Consejo Técnico de la Facultad de Ingeniería, en adición a los requisitos de egreso ya señalados, el alumno deberá presentar la constancia de haber realizado el Servicio Social, de acuerdo con la Legislación Universitaria. El alumno deberá cumplir con lo estipulado en el *Reglamento de opciones de titulación para las licenciaturas de la Facultad de Ingeniería*, que se incluye en el Anexo 2 de este documento, pudiendo optar por alguna de las siguientes modalidades:

1. Titulación mediante tesis o tesina y examen profesional.
2. Titulación por actividad de investigación.
3. Titulación por seminario de tesis o tesina.
4. Titulación mediante examen general de conocimientos.
5. Titulación por totalidad de créditos y alto nivel académico.
6. Titulación por trabajo profesional.
7. Titulación por estudios de posgrado.

8. Titulación por ampliación y profundización de conocimientos.
9. Titulación por servicio social.

La titulación no contabiliza créditos y puede tener efecto con cualquiera de las modalidades señaladas, atendiendo a los requisitos y al proceso de instrumentación especificados para cada opción de titulación por el Consejo Técnico en el Reglamento citado.

5 CONDICIONES PARA LA IMPLANTACIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS

5.1 Recursos humanos

La Facultad de Ingeniería dispone de la planta académica suficiente y competente para impartir las asignaturas del plan de estudios y con el personal administrativo necesario para apoyar sus actividades. En adición a los académicos adscritos formalmente a la Facultad, las labores docentes inherentes a este plan de estudios serán apoyadas por un número importante de investigadores de institutos y centros universitarios que impartirán asignaturas de sus áreas de especialidad.

Las licenciaturas que ofrece la Facultad de Ingeniería están agrupadas, dependiendo de su orientación, en cuatro divisiones profesionales: Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Ingenierías Civil y Geomática, Ingeniería Mecánica e Industrial, e Ingeniería Eléctrica. Adicionalmente, la División de Ciencias Básicas y la División de Ciencias Sociales y Humanidades ofrecen asignaturas comunes a todas las licenciaturas. La carrera de Ingeniería en Sistemas Biomédicos está adscrita a la División de Ingeniería Mecánica e Industrial.

Las siguientes tablas muestran las cifras generales sobre las características de la planta académica que apoyará al plan propuesto:

Tabla 18. Datos generales de las características de la planta docente de la División de Ciencias Básicas

		División de Ciencias Básicas					Total
		Categoría					
		Ayudante de Profesor	Profesor de Asignatura	Investigador	Profesor de Carrera	Técnico Académico	
Formación Académica	Doctorado		27		2	1	30
	Maestría	1	72	1	16	4	94
	Licenciatura	7	154		17	11	189
	Especialización		6		2		8
	Pasante (Lic.>75%)	14				1	15
	Pasante (Lic. 100%)	23					23
	Total	45	259	1	37	17	359

Fuente: Nómina de la quincena 20 del 2013. Dirección General de Asuntos del Personal Académico.

		División de Ciencias Sociales y Humanidades					Total
		Categoría					
		Ayudante de Profesor	Profesor de Asignatura	Investigador	Profesor de Carrera	Técnico Académico	
Formación Académica	Doctorado		13		1		14
	Maestría		30		1		31
	Licenciatura		47			3	50
	Especialización						
	Pasante (Lic.>75%)	1					1
	Pasante (Lic. 100%)						
	Total	1	90		2	3	96

Fuente: Nómina de la quincena 20 del 2013. Dirección General de Asuntos del Personal Académico.

Tabla 19. Datos generales de las características de la planta docente de la División de Ciencias Sociales y Humanidades.

		División de Ingeniería Mecánica e Industrial					Total
		Categoría					
		Ayudante de Profesor	Profesor de Asignatura	Investigador	Profesor de Carrera	Técnico Académico	
Formación Académica	Doctorado	2	25		41		68
	Maestría	11	90		21	8	130
	Licenciatura	53	100		5	7	165
	Especialización						0
	Pasante (Lic.>75%)	7					7
	Pasante (Lic. 100%)	15					15
	Total	88	215		67	15	385

Fuente: Nómina de la quincena 20 del 2013. Dirección General de Asuntos del Personal Académico.

Tabla 20. Datos generales de las características de la planta docente de la División de Ingeniería Mecánica e Industrial

		División de Ingeniería Eléctrica					Total
		Categoría					
		Ayudante de Profesor	Profesor de Asignatura	Investigador	Profesor de Carrera	Técnico Académico	
Formación Académica	Doctorado		24		42	2	68
	Maestría	5	101		22	9	137

Licenciatura	19	214		11	17	261
Especialización		4				4
Pasante (Lic.>75%)	47					47
Pasante (Lic. 100%)	2					2
Total	73	343		75	28	519

Fuente: Nómina de la quincena 20 del 2013. Dirección General de Asuntos del Personal Académico.

Tabla 21. Datos generales de las características de la planta docente de la División de Ingeniería Eléctrica

Las tablas siguientes presenta las cifras globales sobre los académicos beneficiados por el Programa de Primas al Desempeño del Personal Académico de Tiempo Completo (PRIDE), y sobre los que pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores (SNI).

	PRIDE					SNI		
	A	B	C	D		1	2	3
DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS								
Profesor de Asignatura	-	-	-	-		5	0	0
Profesor de Carrera	1	12	23	0		0	0	0
Técnico Académico	1	5	12	0		0	0	0
Investigador	0	1	0	0		0	0	0
TOTAL	2	18	35	0		5	0	0
DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES								
Profesor de Asignatura	-	-	-	-		1	0	0
Profesor de Carrera	0	0	2	0		0	0	0
Técnico Académico	0	1	2	0		0	0	0
Investigador	0	0	0	0		0	0	0
TOTAL	0	1	4	0		1	0	0
DIVISIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA E INDUSTRIAL								
Profesor de Asignatura	-	-	-	-		0	1	2
Profesor de Carrera	0	11	43	8		5	4	3
Técnico Académico	0	0	13	1		0	0	0
Investigador	0	0	0	0		0	0	0
TOTAL	0	11	56	9		5	5	5

Fuente: Nómina de la quincena 20 del 2013. Dirección General de Asuntos del Personal Académico.

Tabla 22. Datos generales de los académicos referentes al PRIDE y SNI.

	PRIDE					SNI		
	A	B	C	D		1	2	3
DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS								
Profesor de Asignatura	-	-	-	-		5	0	0
Profesor de Carrera	1	12	23	0		0	0	0
Técnico Académico	1	5	12	0		0	0	0
Investigador	0	1	0	0		0	0	0
TOTAL	2	18	35	0		5	0	0
DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES								
Profesor de Asignatura	-	-	-	-		1	0	0
Profesor de Carrera	0	0	2	0		0	0	0
Técnico Académico	0	1	2	0		0	0	0
Investigador	0	0	0	0		0	0	0
TOTAL	0	1	4	0		1	0	0
DIVISIÓN DE INGENIERÍA ELÉCTRICA								
Profesor de Asignatura	-	-	-	-		2	1	0

Profesor de Carrera	1	14	43	11	10	6	1
Técnico Académico	0	15	13	0	0	0	0
Investigador	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	1	29	56	11	12	7	1

Fuente: Nómina de la quincena 20 del 2013. Dirección General de Asuntos del Personal Académico.

Tabla 23. Datos generales de los académicos referentes al PRIDE y SNI.

De los 140 profesores de carrera que imparten clases en la DIE y DIMEI, 50 de ellos han impartido asignaturas o han desarrollado proyectos relacionados con las áreas de conocimientos de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos [17, 40].

Para la impartición de esta carrera se firmará un acuerdo de colaboración entre la Facultad de Ingeniería y la Facultad de Medicina, en la que se establece el apoyo que brindará la segunda en los siguientes aspectos:

1. Selección de académicos para impartir las asignaturas de Biología Celular y Tisular, Bioquímica, Introducción a la Anatomía y Fisiología I e Introducción a la Anatomía y Fisiología II
2. Programación del uso del laboratorio de fisiología de la Facultad de Medicina para su uso por los alumnos de la asignatura Introducción a la Anatomía y Fisiología II
3. Apoyo en la programación de la asignatura Estancia, la que los alumnos realizarán en un hospital de tercer nivel o instituto nacional de salud, en el marco de los convenios con los que cuenta la Facultad de Medicina.
4. Apoyo en la definición del cupo de la carrera, conforme al número de alumnos que puedan ser atendidos en la asignatura Estancia.

5.2 Infraestructura

La Facultad de Ingeniería de la UNAM tiene presencia e instalaciones en diversos puntos del Distrito Federal y en tres estados de la república mexicana. Su sede central se localiza en el campus de Ciudad Universitaria en varios núcleos de edificios. El Centro Histórico de la Ciudad de México alberga dos importantes inmuebles cuyo resguardo y administración están a cargo de la Facultad: el Palacio de Minería y el Real Seminario de Minas.

En Jiutepec, Morelos, con el apoyo del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), opera el Posgrado en Hidráulica y también están emplazadas las instalaciones del Laboratorio de Ingeniería Nuclear perteneciente a la División de Ingeniería Eléctrica. En Juriquilla, Querétaro, se encuentra en etapa de consolidación el Centro de Alta Tecnología (CAT); y en Monterrey, Nuevo León, se están construyendo las instalaciones para albergar el denominado Polo Universitario de Tecnología Avanzada (PUNTA), en una iniciativa en la que participan distintas dependencias de la UNAM encabezadas por la Facultad de Ingeniería.

La Facultad dispone de más de 25 edificios que albergan: más de 150 aulas, la mayor parte de ellas equipadas con computadora, videoprojector y pizarrón electrónico; 130

laboratorios y talleres; 4 bibliotecas, con acervos conjuntos de más de 500 mil volúmenes; varios centros especializados (de documentación, de apoyo a la docencia, de investigación, etc.); salas de cómputo para estudiantes y docentes con más de 500 equipos en total; 4 auditorios con capacidad conjunta para 900 personas; cubículos para profesores y técnicos; y diversos espacios destinados a la administración académica de la entidad. Todo ello representa una superficie conjunta del orden de 100 mil metros cuadrados de construcción.

En la División de Ciencias Básicas, que da servicio a todas las carreras de la Facultad, operan diez laboratorios, con capacidades conjuntas para atender 400 alumnos por sesión, y cinco aulas de cómputo para 160 alumnos en total.

Actualmente se cuenta con laboratorios que proporcionarían servicio directamente a la carrera de Ingeniería en Sistemas Biomédicos, tales como: el Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora (LIMAC), el laboratorio de Pruebas de Mecánicas, el laboratorio de Diseño Mecatrónico y el laboratorio de Termofluidos, entre otros, los cuales cuentan con equipos adecuados para la enseñanza.

También se cuenta con el apoyo de los laboratorios de otras Divisiones, como es el caso de la División de Ciencias Básicas con los de: Química, Computación, Termodinámica, Dibujo, Electricidad y Magnetismo, laboratorio abierto de Física Experimental y Mecánica; también de la División de Ingeniería Eléctrica con los de: Análisis de Circuitos Eléctricos, Electrónica Básica, Electrónica Analógica, Instrumentación Virtual y Control Digital y Amplificadores Electrónicos.

Se integrará la participación del Laboratorio de Fisiología de la Facultad de Medicina.

Actualmente se está creando la infraestructura correspondiente al Centro de Ingeniería Avanzada, que integrará entre otras unidades de investigación y docencia, al Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica (CDMIT), y a la Unidad de Investigación y Asistencia Técnica en Materiales (UDIATEM), que tienen una amplia experiencia en proyectos vinculados con empresas.

Sin embargo, a pensar de la infraestructura que se cuenta, es necesario la creación e implementación de dos laboratorios de uso específico para las áreas de conocimiento Instrumentación Biomédica y Biomecánica. Actualmente se cuenta con algunos equipos de medición y caracterización.

5.3 Tabla de equivalencia

El plan propuesto se aplicará a los alumnos que ingresen a la carrera a partir del primer semestre lectivo una vez que ésta sea aprobada por el Consejo Universitario. Los alumnos que hayan ingresado con anterioridad a dicho semestre deberán terminar la licenciatura con el plan al que ingresaron. Por motivos de instrumentación del nuevo plan y por la infraestructura disponible, no se considera la posibilidad de que los alumnos de las

generaciones anteriores. De acuerdo con lo anterior, no aplica ninguna equivalencia académica entre las asignaturas del plan vigente y el plan propuesto para esta carrera.

5.4 Tabla de convalidación

La correspondencia entre contenidos, créditos y ubicación de asignaturas entre el presente plan de estudios y los que corresponden a otras licenciaturas que se imparten en la propia Facultad de Ingeniería o en otras entidades de la UNAM puede establecerse, en su caso, mediante tablas de convalidación.

En virtud de la modalidad de ingreso a esta licenciatura (ingreso indirecto), no se permitirá el cambio interno hacia ella, proveniente de alguna de las otras licenciaturas que se imparten en la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

Las asignaturas que haya aprobado en su carrera origen el alumno que ingrese a Ingeniería en Sistemas Biomédicos serán revalidadas si éstas son comunes a ambas carreras, es decir, tienen el mismo nombre y clave.

La licenciatura de Ingeniería en Sistemas Biomédicos no se imparte en ninguna otra entidad de la UNAM, razón por la cual no se presentan tablas de convalidación.

6 EVALUACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS

La evaluación de un plan de estudios es un proceso continuo y dinámico, basado en necesidades que pueden ser cambiantes y en avances de las disciplinas. Por ello, resulta imprescindible actualizarlo de manera permanente. Por otra parte, será de primordial importancia determinar los logros obtenidos, así como las deficiencias detectadas en el plan de estudios, una vez que esté en vigor.

Por tales motivos se debe contemplar la evaluación externa, la cual estará en función del impacto social que pueda tener el egresado de la carrera; es decir, que cumpla con el perfil adecuado para solucionar los problemas propios de su área y, en consecuencia, cubra las necesidades que el ámbito social le demanda. En paralelo debe efectuarse una evaluación interna, la cual estará en función de los logros académicos de los objetivos del plan propuesto, así como de los programas de estudio, y del análisis profundo de la estructura curricular.

La coordinación de la carrera realizará en forma permanente actividades de análisis e investigación para evaluar y actualizar el plan de estudios, conforme al *Reglamento para los Comités de Carrera* aprobado por el Consejo Técnico de la Facultad de Ingeniería en su sesión ordinaria del 26 de marzo de 2008, que se presenta en el Anexo 3.

Está previsto llevar a cabo las siguientes actividades:

- Análisis de la vigencia de los objetivos con respecto a los avances de la disciplina y los cambios tecnológicos y sociales
- Actualización de contenidos y bibliografía de las diferentes asignaturas
- Análisis de la secuencia e interrelación de las asignaturas
- Evaluación de los alumnos
- Evaluación de los profesores
- Evaluación de la infraestructura institucional

Para realizar la evaluación y promover la actualización del currículum, se propone lo siguiente:

- Plan de evaluación interna
- Plan de evaluación externa
- Reestructuración del currículum, en su caso

Plan de evaluación interna

Actividades que se deben llevar a cabo:

- Análisis de la congruencia o coherencia entre los objetivos curriculares en cuanto a la correspondencia y proporción entre ellos, así como entre las áreas, temas y contenidos especificados en la etapa de organización y estructuración curricular, es decir, en la organización del plan y de los programas de estudios propuestos.
- Análisis de la vigencia de los objetivos, con base en la información obtenida por el análisis de la población estudiantil, con respecto a los avances en el conocimiento técnico, científico y humanístico de la carrera y de los cambios sociales y tecnológicos, para la ratificación o rectificación de dichos objetivos.
- Seguimiento de egresados, con especial atención a su desarrollo profesional, con la colaboración de la Sociedad de Exalumnos de la Facultad de Ingeniería (SEFI).
- Análisis de la viabilidad del plan de estudios propuesto en cuanto a recursos humanos, material didáctico e infraestructura.
- Análisis de la secuencia e interrelación, antecedente-consecuente, entre las asignaturas, así como su adecuación.
- Actualización de los temas, contenidos y bibliografía de las asignaturas, con base en lo señalado en los puntos anteriores.
- Actualización de objetivos y métodos de las prácticas de laboratorio.
- Análisis de la operatividad de los aspectos académico-administrativos institucionales e interinstitucionales.
- Evaluación del desempeño docente de los profesores y de su relación con el rendimiento de los alumnos.
- Conocimiento y análisis de los resultados del examen diagnóstico de los alumnos de primer ingreso a la carrera y del documento denominado “Perfil de ingreso de la Generación”, que emite anualmente la Coordinación de Evaluación Educativa de la Secretaría de Apoyo a la Docencia de la Facultad, y que presenta los resultados del cuestionario sociodemográfico y de antecedentes escolares que se aplica, desde 1997, a todos los alumnos de primer ingreso.
- Identificación de asignaturas con alto índice de reprobación; indagación sobre sus causas y propuesta de medidas remediales, en su caso.
- Seguimiento de la trayectoria escolar de los alumnos: investigación de los factores que influyen en el rendimiento académico de los estudiantes, principalmente de las causas de los índices de reprobación, deserción, nivel de logro académico, etc., así como de las estrategias de aprendizaje, factores motivacionales y afectivos, y rasgos de personalidad asociados al rendimiento escolar.

Para los puntos anteriores, muy especialmente por lo que toca a los cuatro últimos, el Comité de Carrera deberá trabajar en coordinación con la Secretaría de Apoyo a la Docencia de la Facultad. El Comité de Carrera entregará un informe anual al Consejo Técnico de la Facultad de Ingeniería sobre estos aspectos.

Plan de evaluación externa

Actividades que se deben llevar a cabo:

- Evaluación del perfil del egresado con base en su desempeño profesional.
- Investigación continua de las necesidades sociales en las que se ocupará el egresado de la carrera.
- Investigación continua del mercado de trabajo y sus perspectivas, así como de las habilidades requeridas del egresado, para modificar o ampliar los aspectos desarrollados en la organización y estructura curricular.
- Investigación de los alcances de la incidencia de la labor profesional del egresado, en las diferentes áreas especificadas en el perfil profesional del egresado, tanto a corto plazo como a mediano, con relación a la solución de los problemas planteados por la sociedad.
- Investigación de las funciones desarrolladas durante el ejercicio profesional del egresado, con relación a la información ofrecida en la carrera.
- Estas actividades se realizarán con la participación de los expertos del área y con empresas líderes del ramo y de los profesores por áreas afines, bajo la supervisión del coordinador de la carrera, durante los periodos intersemestrales.
- Acreditación del programa de la carrera por parte del Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, CACEI, en su caso.

El Comité de Carrera entregará un informe anual al Consejo Técnico de la Facultad de Ingeniería.

Reestructuración del currículo

Actividades que se deben llevar a cabo:

- Delimitación de los elementos curriculares que serán modificados con base en las evaluaciones interna y externa
- Elaboración de un programa de reestructuración curricular y de contenidos
- Determinación de prioridades para hacer operativo dicho programa de reestructuración

En general, los aspectos que deben ser evaluados en relación con la carrera son los siguientes:

- Cambios del mercado de trabajo
- Avance de los conocimientos técnicos, científicos y humanísticos de la disciplina
- Perfil del egresado
- Organización curricular y contenidos
- Recursos humanos, materiales e infraestructura

Para ello, el Comité de Carrera utilizará los siguientes medios:

- Encuestas y entrevistas a ingenieros de la profesión respectiva
- Encuestas a empresas en las que se desempeñen los egresados de la carrera
- Encuestas a los alumnos de la carrera
- Consultas a instituciones externas
- Consultas a los profesores de la Facultad
- Resultado de calificaciones de exámenes, obtenidas por los alumnos de la carrera
- Resultados de las encuestas que realiza la UNAM a los alumnos y exalumnos
- Encuesta a colegios y asociaciones profesionales
- Resultado de la acreditación del CACEI, en su caso; seguimiento de la atención a las recomendaciones de dicho organismo

Esta evaluación se regirá por lo estipulado en el *Reglamento General para la Presentación, Aprobación y Modificación de Planes de Estudio (RGPAMPE)*, particularmente en sus artículos 8, 13 y 15, y por el *Marco Institucional de Docencia (MID)* vigentes, por lo que, cuando los resultados de la evaluación impliquen modificaciones tanto en ubicación de la asignatura como en contenidos temáticos, éstos serán resueltos por el Consejo Técnico de la Facultad y este órgano colegiado comunicará, en su caso, al Consejo Académico del Área de las Ciencias Físico Matemáticas y de las Ingenierías (CAACFMI), y a la Dirección General de Administración Escolar (DGAE) dichos cambios. A los seis años de la implantación del plan propuesto se tendrá un diagnóstico de dicho plan, el cual será enviado al Consejo Académico del Área de las Ciencias Físico Matemáticas y de las Ingenierías para su consideración.

REFERENCIAS

1. Augustin G. Valeria B. *Glossary of Terms Relevant for Engineering Education*. Firenze University Press Education in Europe. 2003.
2. Azpiroz Leehan (2007), J. *Ingeniería Biomédica*. Página Web consultada 9 de febrero 2010, disponible en:
http://web.mac.com/ci3m/Site_3/Material_Adicional_files/IngBiomed1.pdf
3. Burrows L. (2008). *Biomedical engineer: Job description and activities*. Pagina Web consultada 9 de febrero 2010, disponible en:
http://ww2.prospects.ac.uk/p/types_of_job/biomedical_engineer_job_description.jsp
4. Cadena, Mendez M., Azpiroz Leehan J. "Overview of the Biomedical Engineering History in Mexico A Personal Point of View". Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, México, Proceedings of the 25' Annual International Conference of the IEEE EMBS Cancun, Mexico, September 17-21, 2003.
5. Carol J. *Saunders 2007 HCPCS Level II*. Evolve. 2007.
6. Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud (2007). CENETEC. *Programa de acción específico 2007-2012, Desarrollo de guías de práctica clínica, gestión de equipo médico*. Página Web consultada el 20 de abril de 2012
<http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/PAES/gpc.pdf>
7. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. *Informe de actividades 2010*. Consultado y extraído el 20 de abril del 2011 de:
<http://www.cofepris.gob.mx/AS/Paginas/Registro%20de%20Dispositivos%20Medicos%20por%20Equivalencia>
8. David, Y., W. Maltzahn, et al. *Clinical Engineering (Principles and Applications in Engineering)*, CRC Press. 2003.
9. De la Fuente R. *Psicología Médica*. Fondo de Cultura Económica, México, 2000.
10. Diaro Oficial de la Federación (2013). *Norma Oficial Mexicana NOM-240-SSA1-2012, Instalación y operación de la tecnovigilancia*. Página Web consultada y extraída el 5 de agosto del 2013, disponible en:
http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5275834&fecha=30/10/2012

11. DPI. (2010). *La Organización Mundial de Personas con Discapacidad*. Página Web consultada el 10 de marzo de 2010, disponible en:
<http://v1.dpi.org/lang-sp/index>.
12. Dyro J. *The Clinical Engineering Handbook*. Academic Press Series in Biomedical Engineering, USA. 2004.
13. Enderle J. *Bioinstrumentation*, Morgan & Claypol Publisher, USA. 2006.
14. Engenharia Biomédica. *Revista Brasileira de Engenharia Biomédica*. Sociedade Brasileira de Engenharia Biomédica, Números 24 y 27 (2008-2010).
15. Estévez E., Fimbres P. *Cómo diseñar y reestructurar un plan de estudios, Guía metodológica*. Dirección de Desarrollo Académico Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, 1998.
16. Facultad de Ingeniería (2007). *Plan de desarrollo 2011-2014*. Página Web consultada y extraída el 20 de abril de 2012, disponible en:
http://www.ingenieria.unam.mx/planeacion/documentos/documentos11_14/Plande desarrollo_2011-2014.pdf
17. Facultad de Ingeniería (2011), *Infraestructura*. Página Web consultada el 11 de febrero de 2011, disponible en:
<http://www.ingenieria.unam.mx/paginas/infraestructura.htm>
18. Facultad de Ingeniería (2011), *Laboratorio de Ingeniería Biomédica*, División de Ingeniería Eléctrica. Página Web consultada el 11 de febrero de 2011, disponible en:
<http://www.fi-b.unam.mx/ControlLaboratorios.aspx>
19. Fung C. *Biomechanics: Mechanical properties of living tissues*. Springer Verlag, USA.1990.
20. Ghassan K. Y.C. “Bert” Fung: *The Father of Modern Biomechanics* Tech Science Press , MCB vol.1(no.1): pp.5-22. USA. 2004.
21. Gomez J., Vega A. “BME education program and research activities at the National Autonomous University of Mexico (UNAM).” *Universidad*, Universidad

Nacional Autónoma de México, 32nd Annual International Conference of the IEEE EMBS Buenos Aires, Argentina, August 31 - September 4, 2010.

22. Instituto de Biomecánica de Valencia. *Revista de Biomecánica*. Números 46- 55. (2007-2011). Disponibles y consultados el 10 de febrero de 2011 en <http://www.ibv.org/es/revista-ibv>
23. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. *Principales resultados del Censo de Población y Vivienda 2013*. Extraído el 6 de octubre del 2013 de: <http://www.inegi.org.mx/>
24. Graue E. *Educación en las residencias médicas*. Editores de Textos Mexicanos, México. 2010.
25. Konin J. *Introduction to Rehabilitation. Clinics in Sports Medicine* Vol. 29(Issue 1) Elsevier Science Health Science Div . pp 1-4 USA 2007.
26. *Mosby's Medical Dictionary*. Elsevier, New Zealand. 2009.
27. Organización Mundial de la Salud (2007).OMS. 60^a Asamblea Mundial de la Salud Resolución WHA60.29, Tecnologías Sanitarias [Versión electrónica]. Extraído el 20 de abril de 2012 de: http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA60/A60_R29-sp.pdf
28. Ortiz M. *La Ingeniería Biomédica y el Sector Salud*. Universidad Autónoma de Metropolitana, unidad Iztapalapa. 2009.
29. Peter S. *Systems approach to engineering design*. Artech House, Inc. Boston London, USA. 2004.
30. Piña M. *La Física en la Medicina II: Ojos nuevos para los mismos cuerpos*. Fondo de Cultura Económica, La ciencia para todos/171. 2000.
31. Presidencia nacional. Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012. Eje 3 Igualdad de oportunidades, 3.2 Salud [Versión electrónica], Extraído el 10 de febrero de 2011 de: http://pnd.calderon.presidencia.gob.mx/pdf/Eje3_Igualdad_de_Oportunidades/3_2_Salud.pdf

32. Quirke, V. and J.-P. Gaudilliere. *The Era of Biomedicine: Science, Medicine, and Public Health in Britain and France after the Second World War. Medical History* Vol. 52: pp 441-452 Centre for Health, Medicine and Society, Oxford Brookes University Headington Campus, Oxford, UK, 2008.
33. RESNA. *Rehabilitation Engineering and Assistive Technology Society of North America*. At Journal. (2009-2010). Página Web consultada 18 de abril de 2010, disponible en:
<http://resna.org/resna-at-journal/assistive-technology-the-official-journal-of-resna>
34. Secretaría de Salud (2007). Programa Nacional de Salud, PRONASA 2007-2012. Por un México sano: construyendo alianzas para una mejor salud [Versión electrónica], Extraído el 20 de abril de 2012 de:
<http://portal.salud.gob.mx/descargas/pdf/pnscap1.pdf>
35. Presidencia de la República (2012). Programa Nacional de Desarrollo [Versión electrónica], Extraído el 20 de abril de 2012 de:
<http://pnd.calderon.presidencia.gob.mx/igualdad-de-oportunidades/salud.html>
36. Presidencia de la República (2013). Programa Nacional de Desarrollo [Versión electrónica], Extraído el 5 de octubre del 2013 de:
<http://pnd.gob.mx/>
37. Secretaría de Salud. *Normas Oficiales SSA*. Tomos 1-5. Extraídas el 27 de noviembre de 2010, disponibles en.
<http://bibliotecas.salud.gob.mx/cgi-bin/library>
38. Sociedad Mexicana de Ingeniería Biomédica. *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*. Números 32-36 (2007-2010) Disponibles en:
<http://www.somib.org.mx/content/view/26/61/>
39. Street, Laurence J. *Introduction to biomedical engineering technology*. CRC Press. USA, 2008, disponible en
<http://www.ingenieria.unam.mx/>
40. Universidad Nacional Autónoma de México (2012).UNAM. Plan de Desarrollo [Versión electrónica]. Extraído el 20 de abril de 2012 de:
http://www.planeacion.unam.mx/consulta/Plan_desarrollo.pdf

41. Universidad Nacional Autónoma de México (2008). UNAM. Plan de desarrollo 2008-2011. Página Web consultada en julio de 2010, disponible en <http://www.planeacion.unam.mx/consulta/PlandeDesarrollo2008.pdf>
42. Universidad Nacional Autónoma de México. *Guía Operativa para la elaboración, presentación y aprobación de proyectos de creación y modificación de planes y programas de estudio de licenciatura*. Secretaría General, Unidad de Apoyo a los Consejos Académicos de Área, México. 2006.
43. Universidad Nacional Autónoma de México (1997). *Reglamento General de Inscripciones 1997* [Versión electrónica]. Consulta el 11 de febrero de 2011 en: <https://www.dgae.unam.mx/normativ/legislacion/regein97.html>
44. Universidad Nacional Autónoma de México (2004). *Reglamento General de Exámenes 1997 y reformas del 2004* [Versión electrónica]. Consulta el 11 de febrero de 2011 en: https://www.dgae.unam.mx/normativ/legislacion/mod_reg_gral_examenes.html
45. Universidad Nacional Autónoma de México (2004) *Reglamento General de Estudios Técnicos y Profesionales* [Versión electrónica]. Consulta el 11 de febrero de 2011 en: https://www.dgae.unam.mx/normativ/legislacion/mod_reg_gral_tec_y_prof_oct_2004.html
46. Universidad Nacional Autónoma de México (2003). *Reglamento General para la Presentación, Aprobación y Modificación de Planes de Estudio*. [Versión electrónica]. Consulta el 11 de febrero de 2011 en: https://www.dgae.unam.mx/normativ/legislacion/mod_planes_estudio_prestacion.html
47. USGovernment (1998). *The US technology-related assistance for individuals with disabilities act of 1988*, Section 3.1. Public Law 100-407. Consultada 23 de noviembre 2010, en: <http://section508.gov/docs/AT1998.html#3>
48. Wile J. *The Engineering Handbook of Smart Technology for Aging, Disability, and Independence*. Bessam Abdulrazak. USA. 2008.

ANEXOS

Anexo 1: Programa de Movilidad Estudiantil para alumnos de licenciatura de la Facultad de Ingeniería.

Anexo 2: Reglamento de Opciones de Titulación para las licenciaturas de la Facultad de Ingeniería.

Anexo 3: Reglamento de los Comités de Carrera de la Facultad de Ingeniería.

Anexo 4: Acta y oficio de aprobación del Consejo Técnico con los acuerdos de aprobación del proyecto del plan de estudios.

PROGRAMA DE MOVILIDAD ESTUDIANTIL PARA ALUMNOS DE LICENCIATURA¹



I. Objetivo

Ofrecer a los alumnos de la Facultad de Ingeniería de la UNAM la oportunidad de estudiar una parte de su carrera profesional, ya sea en otras dependencias de la propia UNAM o en otras instituciones nacionales o extranjeras, con objeto de ampliar su visión en el campo de la Ingeniería, y contribuir a su formación integral. Además, el intercambio de experiencias con estudiantes y profesores de otras culturas les abrirá horizontes nuevos permitiéndoles elevar su autoestima e independencia ante la posibilidad de desarrollarse en un ambiente diferente y percatarse de que el conocimiento intelectual está al alcance de toda persona en cualquier lugar en donde se encuentre.

II. Bases generales

1. Se define movilidad estudiantil como la opción que tienen los alumnos para cursar asignaturas aisladas o desarrollar trabajos de titulación en otras dependencias de la UNAM o en otras instituciones de educación superior, nacionales y extranjeras de prestigio, con las que exista un convenio institucional con la UNAM.
2. El Consejo Técnico de la Facultad de Ingeniería aprobará el catálogo de opciones de movilidad conformado por las instituciones y sus áreas del conocimiento acordes con los planes y programas de estudio susceptibles de movilidad para cada una de las carreras impartidas en la Facultad. Las opciones de movilidad deberán estar sustentadas en un convenio institucional vigente. Asimismo, este catálogo incluirá las asignaturas aisladas impartidas en otras dependencias de la UNAM susceptibles de movilidad estudiantil. Este catálogo deberá ser del conocimiento de los alumnos de la Facultad.
3. El Consejo Técnico integrará la Comisión de Movilidad Estudiantil, constituida por cinco miembros, tres de los cuales tendrán carácter permanente y serán:
 - El Secretario del Consejo Técnico.
 - Un profesor de tiempo completo de la Facultad, cuya trayectoria académica asegure aportaciones valiosas en el análisis de la movilidad estudiantil.
 - Un consejero técnico alumno.

¹ *Aprobado por el Consejo Técnico de la Facultad de Ingeniería en su sesión ordinaria celebrada el 30 de octubre de 2002.*

Modificado en la sesión ordinaria del 15 de octubre de 2008.

Los dos miembros restantes serán un consejero técnico profesor representante

de la carrera o división a la cual corresponde el análisis particular, y el Coordinador de Carrera o representante de la División respectiva.

4. La Comisión de Movilidad Estudiantil tendrá las siguientes atribuciones:
 - Establecer las normas operativas del programa de movilidad estudiantil.
 - Elaborar y recomendar al Consejo Técnico el Catálogo de Opciones de Movilidad.
 - Resolver sobre las solicitudes de movilidad presentadas por los alumnos.

III. Equivalencia entre asignaturas

5. Para que las asignaturas de Ciencias Básicas, Ciencias Sociales y Humanidades y Ciencias de la Ingeniería de otra institución se consideren equivalentes a las que se imparten en la Facultad, deberán ser coincidentes en sus contenidos en un mínimo de 80%.
6. Para las asignaturas de Ingeniería Aplicada los contenidos deberán coincidir en un 60%.
7. Para las asignaturas optativas, no será necesario que exista equivalencia. Sólo será necesario que la Comisión de Movilidad Estudiantil considere que las asignaturas son adecuadas para la formación integral de nuestros estudiantes.

IV. Alumnos participantes

8. Podrán participar los alumnos de cualquiera de las carreras que se imparten en la Facultad de Ingeniería de la UNAM.
9. Los alumnos que opten por acciones de movilidad en instituciones extranjeras deberán ser alumnos que hayan acreditado el 60% de los créditos del respectivo plan de estudios.
10. Los alumnos que soliciten cursar asignaturas aisladas en alguna dependencia de la UNAM deberán ser alumnos que hayan acreditado el 20% de los créditos del respectivo plan de estudios.
11. Los alumnos podrán cursar en una institución externa o dependencia de la UNAM de su elección un máximo del 20% de los créditos del respectivo plan de estudios vigente en esta Facultad.

V. Condiciones generales

12. En los casos en que la institución receptora esté en algún país con idioma diferente al español, el alumno deberá comprobar el dominio del idioma que
Se solicite, en su caso, mediante un certificado reconocido internacionalmente.
13. Los alumnos deberán tener en la institución receptora, una carga

académica semestral equivalente a la de los semestres respectivos en la Facultad de Ingeniería de la UNAM, o cursar asignaturas aisladas; pero en ambos casos deberá estar inscrito oficialmente en dicha institución.

14. El programa académico del estudiante podrá integrarse indistintamente por asignaturas obligatorias, optativas o trabajo de titulación; esto último conforme a las opciones de titulación establecidas en el Reglamento General de Exámenes.
15. El alumno entregará al coordinador de su carrera el programa de movilidad a desarrollar, incluyendo el escrito de aceptación de la institución receptora. El coordinador de carrera respectivo hará un análisis previo sobre pertinencia del programa del alumno, mismo que presentará al interior de la Comisión de Movilidad Estudiantil. Al mismo tiempo, el coordinador de carrera informará al Secretario del Consejo Técnico, quién será el encargado de convocar a la Comisión.
16. El promedio de las calificaciones de las asignaturas cursadas por el alumno, al momento de su solicitud, deberá ser de 8.0 como mínimo.
17. Un alumno puede cursar un segundo semestre en la institución receptora si cumple en su totalidad con la carga de estudios asignada para su primer semestre de estancia con un promedio mínimo de 8.5 o equivalente.
18. En los casos que corresponda, el alumno deberá comprobar que cuenta con los recursos económicos suficientes (propios o provenientes de otros apoyos), para el pago de sus traslados, estancia, manutención, contratación de seguros y demás gastos producto de su desplazamiento.

VI. Acreditación

19. Los alumnos que sean aceptados en el programa, se sujetarán a todas las condiciones que se obligan a cumplir los alumnos regulares de la institución receptora (en cuanto a asistencia a clases, presentación de trabajos, exámenes, etc.).
20. El alumno deberá presentar al final de cada semestre un informe del avance en su programa, acompañado por las constancias oficiales emitidas por la institución receptora.
21. La Facultad de Ingeniería aceptará las calificaciones que sean obtenidas en la institución receptora y serán acreditadas con valor curricular, de acuerdo al programa aprobado.



Reglamento de opciones de titulación para las licenciaturas de la Facultad de Ingeniería

Aprobado por el Consejo Técnico en sesión ordinaria del 13 de agosto del 2008

Artículo 1. De conformidad con el Artículo 20 del Reglamento General de Exámenes (RGE), las opciones de titulación para la Facultad de Ingeniería son las siguientes:

- I. Titulación mediante tesis o tesina y examen profesional
- II. Titulación por actividad de investigación
- III. Titulación por seminario de tesis o tesina
- IV. Titulación mediante examen general de conocimientos
- V. Titulación por totalidad de créditos y alto nivel académico
- VI. Titulación por trabajo profesional
- VII. Titulación por estudios de posgrado
- VIII. Titulación por ampliación y profundización de conocimientos
- IX. Titulación por servicio social

Estas opciones de titulación se apejarán a lo establecido en este Reglamento y en el RGE.

Artículo 2. De conformidad con los artículos 18 y 20 del RGE, independientemente de la opción de titulación elegida, la evaluación que se realice al sustentante deberá garantizar un alto nivel académico y cumplir los siguientes objetivos:

- a. Valorar en conjunto los conocimientos generales del sustentante;
- b. Que éste demuestre su capacidad para aplicar los conocimientos adquiridos.
- c. Que posee criterio profesional.

Requisitos para la obtención del título

Artículo 3. De acuerdo con el Artículo 19 del RGE, los requisitos para la obtención del título que se deberán cubrir son: haber cubierto en su totalidad

los créditos y requisitos de egreso del plan de estudios correspondiente y cumplir con alguna de las opciones de titulación citadas en el Artículo 1 de este Reglamento.

En el caso de las opciones IV, V, VII y VIII del Artículo 1 de este Reglamento, el alumno deberá haber cubierto la totalidad de créditos del plan de estudios correspondiente para iniciar el trámite de titulación.

De la titulación mediante tesis o tesina y examen profesional

Artículo 4. De conformidad con el Artículo 20 inciso (a) del RGE, comprenderá una tesis individual o grupal o una tesina individual, y su réplica oral, que deberá evaluarse de manera individual. La evaluación se realizará de conformidad con los artículos 22 y 23 de este Reglamento, con base en los artículos 21 al 24 del RGE.

El alumno que desee utilizar esta opción, deberá contar con la aprobación del tema respectivo por parte del comité de titulación correspondiente.

De la titulación por actividad de investigación

Artículo 5. De conformidad con el Artículo 20 inciso (b) del RGE, podrá elegir esta opción el alumno que se incorpore al menos por un semestre a un proyecto de investigación, registrado previamente para tales fines ante el comité de titulación correspondiente, el cual evaluará la pertinencia del proyecto como opción de titulación. El registro deberá ser hecho por el responsable del proyecto, especificando claramente la participación del alumno en el mismo.

El alumno deberá entregar un trabajo escrito que podrá consistir en una tesis, en una tesina o en un artículo académico aceptado para su publicación en una revista arbitrada.

Artículo 6. Para la tesis o tesina, la réplica oral se realizará conforme a lo que se establece en los artículos 22 y 23 de este Reglamento, con base en los artículos 21 al 24 del RGE.

Artículo 7. Para el caso del artículo académico aceptado para su publicación en una revista arbitrada, su participación en el mismo será como autor o coautor. La evaluación del artículo se realizará conforme a lo establecido en el Artículo 22 de este Reglamento, con base en el Artículo 23 del RGE y será a través de una réplica oral que deberá apegarse al entorno académico del propio artículo. El comité de titulación correspondiente, evaluará la pertinencia del artículo publicado.

De la titulación por seminario de tesis o tesina

Artículo 8. De conformidad con el Artículo 20 inciso (c) del RGE, esta opción de titulación posibilita que dentro de los tiempos curriculares, se incluya una asignatura de seminario de titulación. La evaluación se realizará mediante la

elaboración del trabajo final aprobado por el titular del seminario y la realización del examen profesional, de conformidad con lo dispuesto por el Artículo 23 de este Reglamento, con base en el Artículo 22 del RGE.

El alumno que desee utilizar esta opción, deberá contar con la aprobación del tema respectivo por parte del comité de titulación correspondiente.

De la titulación mediante examen general de conocimientos

Artículo 9. De conformidad con el Artículo 20 inciso (d) del RGE, esta opción comprende la aprobación de un examen escrito, que consiste en una exploración general de los conocimientos del estudiante, de su capacidad para aplicarlos y de su criterio profesional. Podrá efectuarse en una o varias sesiones, de conformidad con el procedimiento que establezca el comité de titulación correspondiente.

Artículo 10. La Facultad de Ingeniería podrá asumir el resultado de un examen general de conocimientos, aplicado por una entidad diferente, siempre y cuando ese examen comprenda aspectos que coincidan plenamente con lo expresado en el Artículo 2 de este Reglamento.

Para ello, el Consejo Técnico autorizará las evaluaciones externas que podrán ser consideradas como opción de titulación, apoyándose en la opinión del comité de titulación correspondiente.

El alumno deberá solicitar la autorización del examen general de conocimientos con el que pretende obtener su titulación al comité de titulación. Si el examen general de conocimientos que solicita el alumno es interno a la Facultad, o siendo externo ha sido autorizado previamente por el Consejo Técnico, dicho examen podrá ser seleccionado como opción de titulación.

En caso de que el examen sea externo y no tenga el aval previo del Consejo Técnico, la solicitud será turnada por el comité de titulación a este cuerpo colegiado; para este fin, el alumno deberá proporcionar la información que le permitirá al pleno establecer que dicho examen cumple con los objetivos de las opciones de titulación.

De la titulación por totalidad de créditos y alto nivel académico

Artículo 11. De conformidad con el Artículo 20 inciso (e) del RGE, podrán elegir esta opción los alumnos que cumplan los siguientes requisitos:

- a. Haber obtenido un promedio mínimo de 9.5 en su plan de estudios;
- b. Haber cubierto la totalidad de los créditos de su plan de estudios en el período previsto en el mismo;
- c. No haber obtenido calificación reprobatoria en alguna asignatura o módulo.

En casos excepcionales, no atribuibles al alumno, derivados de modificaciones al plan de estudios correspondiente, el Consejo Técnico, a petición del comité de titulación respectivo, podrá adecuar el plazo previsto en el inciso (b) de este Artículo.

El alumno que desee utilizar esta opción, deberá contar con la aprobación del comité de titulación correspondiente.

De la titulación por trabajo profesional

Artículo 12. De conformidad con el Artículo 20 inciso (g) del RGE, esta opción podrá elegirla el alumno que durante o al término de sus estudios se incorpore al menos por un semestre a una actividad profesional. Después de concluir el período correspondiente, el alumno presentará un informe escrito individual que demuestre su dominio de capacidades y competencias profesionales, avalado por un responsable que esté aprobado para estos fines por el comité de titulación respectivo.

La forma en que será evaluado el sustentante es la contemplada en los artículos 22 y 23 de este ordenamiento, con base en los artículos 21 al 24 del RGE. Para que un alumno pueda utilizar esta opción es indispensable que las labores realizadas correspondan a actividades profesionales afines a ingeniería.

El aval al que se refiere esta opción deberá ser de un ingeniero con cédula profesional en el área correspondiente o afín, con al menos cinco años de experiencia profesional.

De la titulación por estudios de posgrado

Artículo 13. De conformidad con el Artículo 20 inciso (h) del RGE, el alumno que elija esta opción deberá:

- a. Ingresar a una especialización, maestría o doctorado impartido por la UNAM, cumpliendo los requisitos correspondientes;
- b. Acreditar las asignaturas o actividades académicas del plan de estudios del posgrado, de acuerdo al siguiente procedimiento:
 - i. El comité de titulación determinará la pertinencia de la elección del alumno en función del posgrado seleccionado.
 - ii. El alumno, una vez que haya obtenido su ingreso a un programa de especialización, maestría o doctorado, deberá presentar al comité de titulación respectivo, las actividades (asignaturas, seminarios o actividades de investigación comprendidas como parte del programa de posgrado correspondiente) que su tutor (o comité tutorial según sea el caso) le asignó para cursar durante el primer semestre de sus estudios de posgrado. Estas actividades deberán entenderse como las que se asignan a un

alumno de tiempo completo.

- iii. El alumno deberá aprobar las asignaturas y/o actividades académicas asignadas con un promedio mínimo de ocho. Una vez aprobadas estas actividades, presentará al comité de titulación los comprobantes respectivos; de ser el caso, el comité solicitará a la administración escolar realizar los trámites correspondientes a la titulación.

De la titulación por ampliación y profundización de conocimientos

Artículo 14. De conformidad con el Artículo 20 inciso (i) del RGE, el alumno basará su elección en esta modalidad, en una de las siguientes alternativas:

- a. El alumno deberá haber concluido los créditos de la licenciatura con un promedio mínimo de 8.5 y aprobar un número adicional de asignaturas de la misma licenciatura o de otra afín impartida por la UNAM, equivalente a cuando menos el diez por ciento de créditos totales de su licenciatura, con un promedio mínimo de 9.0. Dichas asignaturas se considerarán como un semestre adicional, durante el cual el alumno obtendrá conocimientos y capacidades complementarias a su formación.

El alumno deberá someter para su aprobación al comité de titulación respectivo el proyecto de asignaturas a cursar como parte de esta opción; estas asignaturas deberán ser afines a su carrera; el comité de titulación emitirá su aprobación o bien las recomendaciones respectivas.

El alumno deberá cursar las asignaturas incluidas en su proyecto, en un semestre lectivo y no deberá obtener calificación reprobatoria o de NP. De no cumplir con cualquiera de estos requisitos, el alumno no podrá elegir de nuevo esta alternativa de titulación.

- b. Podrán elegir esta alternativa los alumnos con promedio de calificaciones mayor o igual a 8.5 y deberán aprobar cursos o diplomados de educación continua impartidos por la UNAM, con una duración total mínima de 240 horas.

El alumno deberá someter al comité de titulación respectivo, el proyecto de cursos o diplomados a cursar. Estos cursos o diplomados deberán ser afines a su carrera y deberán contener una evaluación formal bien establecida; el comité de titulación emitirá su aprobación o bien las recomendaciones respectivas.

El alumno deberá obtener un promedio mínimo de 9.0 en el total de los cursos o diplomados recibidos para poder obtener el título profesional.

De la titulación por servicio social

Artículo 15. De conformidad con el Artículo 20 inciso (j) del RGE, el alumno que elija esta opción someterá el tema y la síntesis de las actividades

realizadas en el Servicio Social ante el comité de titulación correspondiente, de ser aprobado, deberá:

- a. Entregar una tesina individual sobre las actividades realizadas; la cual deberá cumplir con los objetivos del Artículo 4° del Reglamento General del Servicio Social (RGSS) de la UNAM, mismos que serán comprobados por el comité evaluador en una réplica oral.
- b. Ser evaluado satisfactoriamente, conforme a lo dispuesto en el Artículo 23 de este Reglamento y con base en el Artículo 23 del RGE.

De la retroactividad en las opciones de titulación

Artículo 16. Los alumnos que hayan realizado o estén realizando alguna de las actividades de titulación aprobadas, podrán presentarlas, con los soportes debidos, al comité de titulación correspondiente, quien revisará la pertinencia de la solicitud y el cumplimiento de los requisitos establecidos y, en su caso, podrá aprobar que el alumno se titule mediante esa opción.

Del comité de titulación

Artículo 17. Con el fin de implantar y operar los procedimientos relativos a las opciones de titulación, el director de la Facultad de Ingeniería integrará un comité de titulación por cada división profesional, estructurado de la siguiente forma:

- a. Jefe de la división (presidente);
- b. Secretario académico de la división;
- c. Jefes de departamento;
- d. Coordinadores de carrera.

Cada división hará del conocimiento del Consejo Técnico la conformación de su comité de titulación.

Artículo 18. Todos los comités de titulación de la Facultad de Ingeniería deberán ejecutar procedimientos y criterios similares asegurando la compatibilidad de los mismos y de la información respectiva.

Artículo 19. Las funciones del comité de titulación serán:

- a. Juzgar la pertinencia de los temas en los que versarán las opciones de titulación elegidas por los alumnos, en los términos del Artículo 18 del RGE;
- b. Revisar, y en su caso aprobar temas, trabajos, investigaciones, proyectos de asignaturas, cursos, diplomados u otras opciones que propongan los alumnos para su titulación;
- c. Proponer al Consejo Técnico las evaluaciones externas que podrán utilizarse en la opción IV del Artículo 1 de este Reglamento;

- d. Verificar el cabal cumplimiento de los requisitos para aquellos alumnos que elijan la opción V del Artículo 1 de este Reglamento;
- e. Evaluará el perfil profesional para fungir como aval, conforme al Artículo 12 de este Reglamento;
- f. Generar la información para las bases de datos de las opciones de titulación;
- g. Contar con un registro actualizado de los académicos por área del conocimiento de todas las divisiones de la Facultad, para formar los jurados de exámenes profesionales;
- h. Conformar los jurados de exámenes profesionales y los comités de evaluación;
- i. Hacer del conocimiento del Consejo Técnico sobre las diversas particularidades que surjan de la aplicación de las opciones de titulación, con el fin de que el cuerpo colegiado realice las mejoras correspondientes.

De la aprobación previa del trabajo escrito en algunas opciones de titulación

Artículo 20. De conformidad con el Artículo 26 del RGE, cuando las opciones de titulación requieran de una tesis o de un trabajo escrito, será necesario, antes de conceder al alumno la réplica oral, que todos los sinodales o miembros del comité de titulación designado den su aceptación por escrito. Esta aceptación no comprometerá el voto del sinodal o miembro del comité designado en el examen.

De la réplica oral

Artículo 21. De conformidad con el Artículo 21 del RGE, en las opciones de titulación que incluyan réplica oral, ésta podrá versar principalmente sobre el contenido de la tesis, de la tesina, del informe, del artículo, o sobre conocimientos generales de la carrera.

De la integración de los jurados para exámenes profesionales o de los comités de evaluación

Artículo 22. De conformidad con los artículos 22, 23 y 24 del RGE, los jurados de exámenes profesionales o los comités de evaluación para titulación serán designados por el director, quien podrá delegar esta facultad en los comités de titulación. Se integrarán por: un presidente, un vocal, un secretario, un primer suplente y un segundo suplente. Todos ellos deben ser miembros del personal académico de la UNAM.

El presidente será el sinodal con la mayor antigüedad académica y debe haber impartido o estar impartiendo clases frente a grupo.

El vocal es el sinodal que realizó la función de tutor o director del trabajo escrito del sustentante y también debe haber impartido o estar impartiendo clases frente a grupo.

El jurado de examen profesional o el comité de evaluación correspondiente podrá ser propuesto por el alumno de un listado elaborado por el comité de titulación, bajo los mecanismos y requisitos que se establecen en este Reglamento. En la integración del listado de los posibles miembros de estos jurados, los comités de titulación, deberán considerar a cualquier miembro del personal académico que cuente con experiencia y conocimientos en el área del conocimiento donde se sustenta el trabajo escrito y se hace la réplica oral.

Si alguno de los académicos propuestos por el alumno no se encuentra dentro del listado, el comité de titulación revisará que dicho académico cumpla los requisitos que se establecen en este Reglamento para su inclusión en dicho listado.

En casos excepcionales y de existir una razón fundamentada, el alumno podrá solicitarle al comité de titulación correspondiente, el cambio de alguno de los miembros del jurado, incluyendo al director o tutor del trabajo escrito.

Artículo 23. La evaluación para las opciones de titulación señaladas en los incisos II y IX del Artículo 1 de este Reglamento, será realizada por un comité de evaluación, integrado por tres sinodales titulares y dos suplentes, designados por el director, quien podrá delegar esta facultad en los comités de titulación, de conformidad con los artículos 22, 23 y 24 del RGE; estos comités de evaluación se conformarán de manera semejante a un jurado de examen profesional, tal como se citan en el Artículo 22 previo.

De los tutores o directores de tesis

Artículo 24. De conformidad con el Artículo 28 del RGE, en las opciones de titulación en que se requiera la participación de un tutor o director del trabajo escrito, para la obtención del título de licenciatura, éste será propuesto por el alumno al comité de titulación; el comité revisará que el académico seleccionado satisfaga los requisitos establecidos en este Reglamento. En caso de que el alumno no cuente con una propuesta de tutor o director, podrá seleccionarlo de un listado elaborado por el comité de titulación, bajo los mecanismos y requisitos que se establecen en este Reglamento.

Artículo 25. De conformidad con el Artículo 29 del RGE, podrán ser tutores o directores del trabajo escrito, personas dedicadas a la docencia, la investigación o el ejercicio profesional en el área del conocimiento donde se desarrolla el trabajo, que reúnan los siguientes requisitos:

- a. Contar con el grado o título correspondiente al nivel de estudios. En casos excepcionales, el Consejo Técnico otorgará la dispensa de este requisito;
- b. Estar dedicado a actividades académicas o profesionales relacionadas con la disciplina de la licenciatura correspondiente;
- c. Tener una producción académica o profesional reciente y reconocida;
- d. Prestar servicios como académico en la UNAM y haber impartido o estar impartiendo clases.
- e. Los adicionales que, en su caso, establezca el Consejo Técnico.

Artículo 26. De conformidad con el Artículo 30 del RGE, serán funciones del tutor o director del trabajo escrito para la titulación, las siguientes:

- a. Asesorar al alumno en la elección de temas, orientaciones o especialidades de su área, así como en la opción de titulación que le sea más conveniente;
- b. Asesorar, supervisar y orientar el trabajo académico de titulación del estudiante;
- c. Ser parte del jurado de examen profesional o del comité de evaluación para titulación.

De los requisitos para la obtención de la Mención Honorífica

Artículo 27. Con base en los artículos 2 inciso (c) y 12 del Reglamento del Reconocimiento al Mérito Universitario (RRMU) y con fundamento en los artículos 18 al 27 del RGE, en aquellas opciones de titulación aprobadas por el Consejo Técnico, que incluyan la presentación de un trabajo escrito y exista réplica oral, ambos de excepcional calidad a juicio del jurado respectivo y que además el alumno sustentante tenga un promedio mínimo de nueve en sus estudios, la Universidad lo distinguirá otorgándole la mención honorífica.

Artículo 28. En el Artículo 27 previo, de conformidad con la interpretación de la Oficina del Abogado General de la UNAM, según oficio AGEN/CN/7.1/195/98, del 11 de mayo de 1998, los antecedentes académicos de un sustentante para poder aspirar al otorgamiento de la mención honorífica, son los siguientes:

- a. No tener ninguna calificación de NA, cinco o NP en los estudios;
- b. Haber cubierto sus estudios en los tiempos que marca el respectivo plan;
- c. En casos excepcionales, por causas de fuerza mayor que no hayan permitido el cumplimiento de alguno de los incisos previos, si el

jurado considera que amerita el otorgamiento de la mención honorífica, éste solicitará al Consejo Técnico eximir al sustentante del cumplimiento de alguno de los antecedentes mencionados en los incisos a y b.

De las ceremonias de reconocimiento a los alumnos que obtengan la mención honorífica

Artículo 29. Para los alumnos que obtengan la mención honorífica, se realizará periódicamente una ceremonia de reconocimiento, la cual será presidida por el director de la Facultad (o en su ausencia por el secretario general de la misma). En esta ceremonia se invitará al presidente de la Sociedad de Exalumnos (SEFI) y al coordinador de la Asamblea de Generaciones (AGFI).

De las ceremonias de recepción profesional

Artículo 30. Para las modalidades de titulación IV, V, VII y VIII del Artículo 1 de este Reglamento, se realizará una ceremonia de recepción profesional (de la que deberá dejarse constancia a través de la elaboración de un acta) que será presidida por un comité de recepción profesional.

El comité de recepción profesional será designado por el comité de titulación correspondiente.

Glosario básico

Tesis: Es un trabajo escrito que implica un proceso continuo de investigación bajo una metodología específica para probar una o varias hipótesis. Debe estar compuesta al menos por los siguientes elementos: tema y problemática abordada, hipótesis y objetivos, metodología, marco teórico o estado del arte, análisis de datos, conclusiones y referencias bibliohemerográficas.

Tesina: Es un trabajo escrito similar a la tesis pero con menor nivel de profundidad. La diferencia fundamental de la tesina es su menor extensión respecto a la tesis, lo cual exige una delimitación más precisa del tema y una argumentación más escueta y certera. Debe también contener, al menos, tema y problemática abordada, hipótesis y objetivo, metodología, marco teórico o estado del arte, análisis de datos, conclusiones y referencias bibliohemerográficas.

Informe escrito (al que se hace referencia en la opción de titulación por trabajo profesional): es un documento que también requiere de una metodología específica en donde el alumno demuestre que posee conocimientos, habilidades, actitudes y valores para abordar situaciones profesionales que requieran la competencia de un ingeniero. Los elementos de los que debe estar compuesto al menos son: tema y problemática abordada, objetivos y metodología, descripción del sistema focal, análisis de datos, conclusiones y referencias bibliohemerográficas.



Reglamento de los Comités de Carrera^o

^o Aprobado por el Consejo Técnico en su sesión ordinaria del 26 de marzo de 2008

Capítulo I

Disposiciones generales

Artículo 1. El presente reglamento tiene por objeto normar el funcionamiento de los Comités de Carrera de cada una de las licenciaturas que se imparten en la Facultad de Ingeniería.

Artículo 2. Los Comités de Carrera han de coadyuvar en el esfuerzo de una mejor formación profesional y al logro de los objetivos generales de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Artículo 3. Los Comités de Carrera actuarán como órganos de consulta del Consejo Técnico y de la Dirección de la Facultad.

Capítulo II

Objetivos

Artículo 4. Son objetivos de los Comités de Carrera:

- a) Analizar los planes y programas de estudio de las carreras que se imparten en la Facultad.
- b) Formular recomendaciones concretas tanto para la elaboración y actualización de planes y programas de estudio y de modelos educativos como para la implantación, supervisión del cumplimiento y evaluación de la eficacia de los mismos.
- c) Asesorar a las autoridades de la Facultad en todo lo relacionado con los planes y programas de estudio de las carreras correspondientes.

Capítulo III

Funciones

Artículo 5. Son funciones de cada Comité de Carrera:

- a) Definir el perfil del egresado de acuerdo con las condiciones del país y con el estado del arte de la profesión a mediano y largo plazos, incluyendo actitudes, habilidades y conocimientos necesarios.
- b) Una vez definido el perfil del egresado, diseñar a nivel general el plan de estudios para la carrera, adecuarlo y actualizarlo

principalmente en los siguientes aspectos: los objetivos generales del plan de estudios; los lineamientos básicos para la revisión del plan de estudios (nivel de generalidad o especialidad, materias optativas, aspectos formativos e informativos, etcétera); los temas generales para los programas de las asignaturas; las asignaturas y los temas antecedentes para cada asignatura, y las características que deben reunir tanto las clases como las prácticas escolares y de laboratorio así como el perfil profesiográfico del profesor que impartirá cada una de las asignaturas.

- c) Proponer la(s) metodología(s) que deba(n) emplearse para la revisión continua del plan de estudios de la carrera.
- d) Revisar continuamente los programas vigentes de asignaturas de la carrera y proponer, en su caso, los ajustes necesarios.
- e) Supervisar el cumplimiento de los planes y programas de estudio establecidos.
- f) Solicitar a la Jefatura de la División las facilidades de apoyos que requiera para el cumplimiento de sus funciones.
- g) Sostener, en su caso, reuniones con personas y organismos de la Facultad y fuera de ella, para el mejor cumplimiento de sus objetivos.

Capítulo IV

Integración y estructura

Artículo 6. Cada Comité de Carrera estará integrado por:

- Un Coordinador que preferiblemente será el Coordinador de la Carrera correspondiente, y
- Un mínimo de seis y máximo de doce miembros seleccionados entre:
 - a) profesores distinguidos de la Facultad, incluyendo a un profesor de la División de Ciencias Básicas, el cual deberá ser miembro de la Comisión de Ciencias Básicas y a otro de la División de Ciencias Sociales y Humanidades, el cual deberá ser miembro de la Comisión de Ciencias Sociales y Humanidades;
 - b) profesionales externos destacados;
 - c) ingenieros de reciente egreso, con una trayectoria académica sobresaliente.

En cada comité habrá un mínimo de uno y un máximo de tres integrantes del inciso (b); del (c) habrá un mínimo de uno y un máximo de dos. Estos últimos se escogerán entre quienes hayan egresado en los dos últimos años con mención honorífica o los más altos promedios de calificación de la respectiva carrera.

Artículo 7. Los Comités de Carrera dependerán jerárquicamente de los Jefes de División.

Artículo 8. La designación de los miembros del Comité, será hecha por el Director de la Facultad a propuesta del Jefe de División correspondiente.

Artículo 9. Al menos cada dos años se revisará la integración de los comités de carrera para ratificar y/o sustituir a cada uno de sus miembros cuando así convenga a la Facultad, a juicio del Director de la misma.

Artículo 10. Cuando alguno de los miembros del Comité se encuentre en la imposibilidad de cumplir con sus funciones se designará a un nuevo miembro.

Artículo 11. El Coordinador del Comité de Carrera deberá:

- a) Representar al Comité ante las autoridades.
- b) Dirigir las actividades del Comité.
- c) Velar por la aplicación de este Reglamento.
- d) Proponer, en su caso, proyectos de reorganización del Comité a su cargo.
- e) Presentar los proyectos de programas de actividades relativos al Comité a su cargo, de acuerdo con las normas existentes.
- f) Coordinar sus actividades con los demás Comités, cuando así se requiera para el mejor cumplimiento de los objetivos.
- g) Dirigir cada una de las sesiones.
- h) Decidir sobre las cuestiones de orden con sujeción a estereglamento.
- i) Proporcionar la información o la cooperación técnica que le sea requerida por las áreas de la Facultad.
- j) Recibir la solicitud de renuncia de los miembros del Comité.

Artículo 12. Los miembros de los Comités de Carrera deberán:

- a) Asistir a las sesiones del Comité.
- b) Participar eficazmente en el cumplimiento de las funciones del Comité.

Capítulo V

S e s i o n e s

Artículo 13. Los Comités de Carrera efectuarán sesiones ordinarias, de acuerdo al calendario que para tal efecto establezcan dichos comités. Asimismo, se podrán celebrar las sesiones extraordinarias que sean necesarias a juicio de la mayoría de los miembros del Comité, del Coordinador del Comité, del Jefe de la División o del Director de la Facultad.

Artículo 14. La duración de las sesiones será fijada por el Comité y estará determinada por el Programa de Actividades y temas suplementarios que se vayan a tratar en las sesiones.

Artículo 15. El lugar de la reunión de los Comités de Carrera será indicado por el Jefe de la División.

Artículo 16. Las convocatorias para las reuniones deberán contener:

- a) Orden del día.
- b) Una copia del proyecto de acta de la sesión inmediata anterior.

Artículo 17. En las sesiones del Comité a las que asistan el Director de la Facultad, y/o el Jefe de la División, presidirá de oficio las reuniones el propio Director de la Facultad, o el Jefe de la División, en ese orden.

Artículo 18. En las sesiones del Comité se considerará que hay quórum cuando esté presente la mayoría de sus miembros.

Artículo 19. En ausencia del Coordinador del Comité, la sesión será presidida por el miembro que al efecto elijan los miembros presentes.

Artículo 20. De cada una de las sesiones que se celebren deberá levantarse un acta.

ANEXOS

ANEXO A.I

Comité Interno de Carrera

Dr. Leopoldo González González
Dr. J. Javier Cervantes Cabello
Dr. Jesús Manuel Dorador González
Dr. Adrián Espinosa Bautista
Dr. Francisco Javier García Ugalde (DIE)
M.I. Luis Arturo Haro Ruiz (DIE)
M.I. Silvina Hernández García
M.I. Livier Baez Rivas
Dr. Víctor H. Jacobo Armendáriz
M.I. Fernando Macedo Chagoya
Dr. Juan José Mazón Ramírez (Facultad de Medicina)
Ing. Miriam Graciela Mendoza Cano
Dr. Armando Ortiz Prado
Dr. Francisco Solorio Ordaz
M.I. Francisco Soria Villegas (DIE)
Biol. Natasha Carime Villaseñor Hernández (DCB)

ANEXO A.II

COMISIONES

Biomecánica

Dr. J. Javier Cervantes Cabello
Dr. Armando Ortiz Prado
Dr. Víctor Hugo Jacobo Armendáriz
Dr. Lázaro Morales Acosta
Dr. Adrián Espinosa Bautista
Dr. Francisco Cuenca Jiménez
M.I. Mariano García del Gállego

Logística Hospitalaria

M.I. Silvina Hernández García
Ing. Hilda Solís Vivanco
Ing. Susana Téllez Ballesteros
Ing. Guadalupe Durán
Ing. Elizabeth Moreno
Ing. Adolfo Velasco Reyes
Ing. Bonifacio Román Tapia
Ing. Alberto Liebig Frausto
Ing. Leandro Padilla Arroyo

Instrumentación Biomédica

Ing. Miriam Graciela Mendoza Cano
Dr. Jesús Manuel Dorador González
M.I. Fernando Macedo Chagoya
M.I. Livier Baez Rivas
M.I. Billy Arturo Flores Medero Navarro
M.I. Luis Arturo Haro Ruiz.
M.I. Ulises Peñuelas Rivas

Ciencias Básicas

Dr. Francisco Solorio Ordaz
Ing. Juan Úrsul Solares
Biol. Natasha Carime Villaseñor Hernández
Dr. Rogelio Soto Ayala

Específicas de Sistemas Biomédicos

Dra. Rosalinda Guevara Guzmán (Facultad de Medicina)

Dr. Juan José Mazón Ramírez (Facultad de Medicina)

Biol. Natasha Carime Villaseñor Hernández

M.I. Octavio Díaz Hernández

Ciencias Sociales y Humanidades

Dr. Leopoldo González González

Ing. Gonzalo López de Haro

Lic. Enrique Fabián Cervantes

M.I. Silvina Hernández García

M.I. Livier Baez Rivas

M.I. Octavio Díaz Hernández

Equipo de trabajo

M.I. Livier Baez Rivas

M.I. Octavio Díaz Hernández

Ing. Evelyn Roxana Mejía Gutiérrez

Ing. Luz del Carmen Romero Ferrer

Ing. Angélica Vargas Hernández

Emma Elba Díaz Ruiz

Francisco Javier Márquez Correo

ANEXO A.III

Universidad Nacional Autónoma de México

CARRERA: Licenciatura en Fisioterapia.

OBJETIVO: Formar fisioterapeutas poseedores de conocimientos científicos y actitudes de servicio, excelencia y profesionalismo que contribuyan a la restauración, preservación y potencialización del movimiento corporal humano mediante la aplicación de medios físicos, con la capacidad de responder a las demandas individuales y colectivas del ser humano en el que considere su triple dimensión: biológica, psicológica y social.

Al finalizar la licenciatura en Fisioterapia, será capaz de demostrar conocimientos en:

- Los componentes de la estructura y función del cuerpo humano con énfasis en los sistemas base y modulador como elementos esenciales para el control motor.
- Los principios de la biofísica, la biomecánica y la cinesiología, aplicables a la solución de las discapacidades, disfunciones y limitaciones del movimiento.
- Los factores psicosociales como determinantes de la salud, tanto del individuo como de la familia y la comunidad, y su relación con la discapacidad.
- Los fundamentos teóricos y filosóficos de la fisioterapia, el modelo de atención fisioterapéutico, las valoraciones y pruebas funcionales propias de la fisioterapia.
- Los procedimientos fisioterapéuticos basados en técnicas y métodos específicos de la actuación fisioterapéutica, para aplicarlos en las diferentes alteraciones del sistema del movimiento.
- Las metodologías de investigación y de evaluación que permitan la integración de perspectivas teóricas y experiencias de investigación en el diseño e implantación de una fisioterapia basada en la evidencia.
- Los procesos de administración y gestión en salud, especialmente de los servicios de fisioterapia.
- Los conceptos fundamentales de la salud, sistemas de salud, niveles asistenciales y epidemiología, y su aplicación a la solución de problemas relacionados con la fisioterapia.
- Manejar los diversos contextos en los que se inserta la fisioterapia en el proceso salud-enfermedad.
- El conocimiento de las normas éticas, legales y profesionales que conforman la práctica de la fisioterapia, los códigos deontológicos de la profesión y normas legales de ámbito profesional.
- El dominio del idioma inglés.
- El manejo de nuevas técnicas de información y comunicación, lo que permitirá a los estudiantes estar comunicados entre sí y con sus maestros para resolver cualquier problemática en el campo no solo de la fisioterapia.

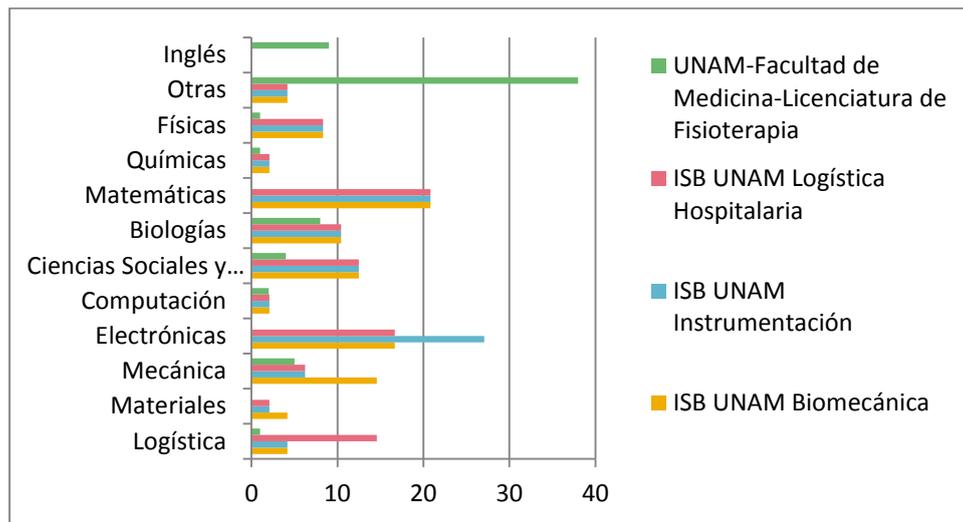


Figura 14. Distribución de las asignaturas del plan de estudios de la licenciatura de Fisioterapia de la Universidad Nacional Autónoma de México

El plan para la licenciatura en Fisioterapia se centra alrededor de cuatro campos del conocimiento:

- Ciencias biológicas y de la conducta
- Ciencias físicas
- Formación disciplinaria y práctica clínica
- Investigación

De acuerdo a la figura 14 y a la clasificación de áreas adoptada en este documento, se puede observar que la carrera tiene una fuerte fundamentación en asignaturas biológicas, destinado el 12.5 % del total del plan de estudios. Por otra parte, el área mecánica cubre un porcentaje importante del plan de estudios con cerca del 8%. El 5% de las asignaturas del plan está destinado a las ciencias sociales y humanidades, con asignaturas como: Bioética y Psicología del desarrollo humano.

Es evidente que la clasificación denominada “Otras” ocupa más del 50% del plan de estudios, esto es debido a que en este rubro se tienen las asignaturas que comprenden la práctica clínica de la rehabilitación, así como materias enfocadas a la investigación y la formación disciplinaria.

A lo largo de los cuatro años de duración de esta carrera, se tienen 8 asignaturas dedicadas al aprendizaje del idioma inglés.

Universidad Autónoma Metropolitana (Unidad Iztapalapa)

CARRERA: Ingeniería Biomédica (Certificación CACEI).

OBJETIVO: Optimizar el uso de los recursos tecnológicos existentes e implementar nuevas técnicas que favorezcan la atención en cuanto a la salud.

Su plan de estudios está formado por un solo módulo enfocado hacia el área electrónica, la cual abarca el 30% del total del programa; además, está respaldada por otras áreas, como la de cómputo y la biológica, ambas con porcentajes del 8%. En general este análisis muestra que el enfoque de esta carrera es bioelectrónico. La distribución de las asignaturas se muestra en la figura 15.

De acuerdo con el Departamento de Admisión de la Dirección de Planeación de la UAM Iztapalapa, para el periodo agosto-diciembre de 2012, se tuvo un 36% de admisión con 162 alumnos aceptados de 456 aspirantes.

El perfil del egresado publicado en la página Web de la institución http://cbi.izt.uam.mx/transform.php?xml=plan_estudio&licenciatura_id=2, consultada el 31 de enero de 2011, menciona lo siguiente:

El Ingeniero Biomédico estará capacitado para:

- Realizar investigación básica y aplicada para el análisis de los diferentes fenómenos biológicos.
- Desarrollar, instalar, mantener y promover tecnología de uso médico.
- Colaborar en la planeación de servicios hospitalarios.
- Diseñar y ejecutar programas de capacitación y/o asesoría en el área técnico-médica.

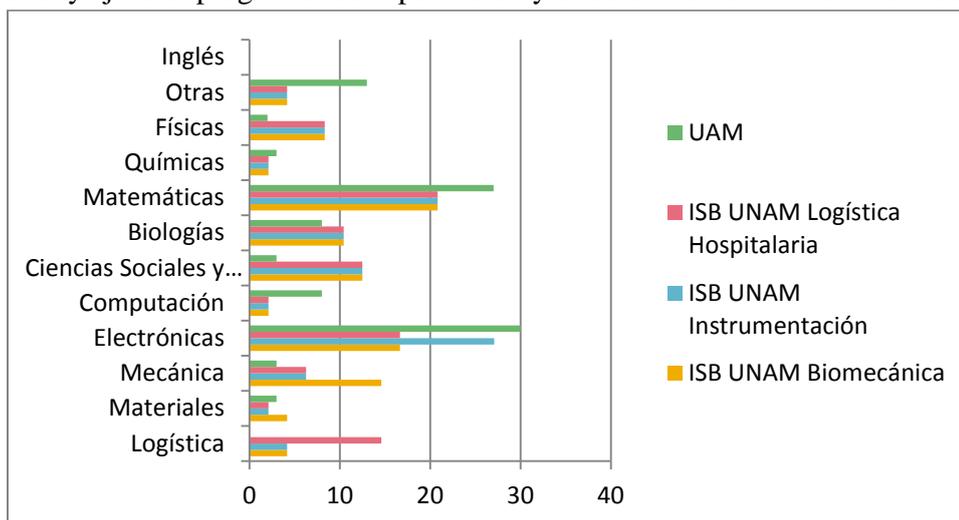


Figura 15. Distribución de las asignaturas del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Biomédica en la Universidad Autónoma Metropolitana (Unidad Iztapalapa)

Instituto Politécnico Nacional

(Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología)

CARRERA: Ingeniería Biomédica (Certificación CACEI).

OBJETIVO: La formación de profesionistas capaces de diseñar, desarrollar, innovar, adaptar y mantener en condiciones óptimas equipos médicos en el sector salud.

El plan de estudios de dicha carrera cuenta con el 27 % de las asignaturas enfocadas al área electrónica. El Ingeniero Biomédico posee conocimientos de las áreas de biológica (8%), computación (5%) y logística (18%). Cabe mencionar las asignaturas de sistemas de gestión para salud, arquitectura de hospitales y tecnología clínica. La distribución de las asignaturas se muestra en la figura 16.

El perfil del egresado publicado en la página Web institucional

http://www.ipn.mx/wps/wcm/connect/IPN%20HOME/ipn/estructura+principal/oferta+educativa/superior/ingenieria+y+ciencias+fm/tituloacademico_upibi_ing_biom_ consultado el 31 de enero de 2011, es el siguiente:

Seleccionar, transformar y conservar:

1. Materiales de naturaleza diversa que sirvan como: prótesis, órtesis, partes o accesorios de prótesis o de instrumentos o de accesorios usados en el proceso de atención a la salud.
2. Conservar de manera integral unidades físicas de atención a la salud; así como diseñando e instrumentando:

- a) Áreas de mantenimiento correctivo de equipos e instalaciones.
- b) Programas de mantenimiento preventivo de equipo e instalaciones.
- c) Programas de reposición de equipo.
- d) Programas de modernización de instalaciones.

3. Seleccionar, adquirir, instalar y/o conservar: instrumentos, equipos y/o maquinaria usada en el proceso de atención a la salud a nivel de: prevención, diagnóstico y terapia. Capacidad para la transformación de elementos teóricos y experimentales en la investigación y la docencia.

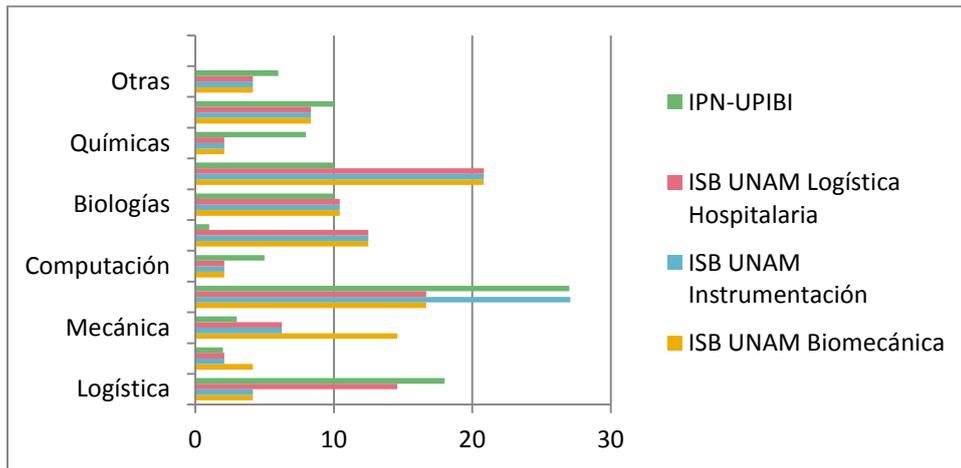


Figura 16. Distribución de las asignaturas del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Biomédica del Instituto Politécnico Nacional (Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología)

**Instituto Politécnico Nacional
(Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingenierías y Tecnologías Avanzadas)**

CARRERA: Ingeniería Biónica (Certificación CACEI).

OBJETIVO: La formación de profesionistas capaces de implementar soluciones para resolver problemas de la ingeniería, analizando modelos de sistemas biológicos, aplicando la interdisciplinariedad de las ciencias médico-biológicas, electrónica, mecánica, control y sistemas de cómputo.

En el plan de estudios destacan el área de electrónica (20%), de biología (13%) y computación (9%); las cuales se encuentran estrechamente relacionadas para lograr el desarrollo de aplicaciones tecnológicas, cuya finalidad es simular procesos biológicos para implementarlo en la resolución de problemas de la ingeniería. La distribución de las asignaturas se muestra en la figura 17.

La página Web institucional <http://www.ingenieria.upiita.ipn.mx/index.php/oferta-educativa#catid11> consultada el 31 de enero de 2011, menciona el siguiente perfil del egresado:

- Capacidad para el desarrollo de análogos biológicos para solucionar por medio de la ingeniería problemas ambientales, contextualizando los problemas en función de una formación interdisciplinaria en las áreas médico-biológicas, de desarrollo tecnológico y con filosofía biomimética.
- Actitud emprendedora y proactiva para la generación y administración de proyectos dentro de un marco de respeto y cuidado de la vida, integridad ecológica, justicia social y económica.

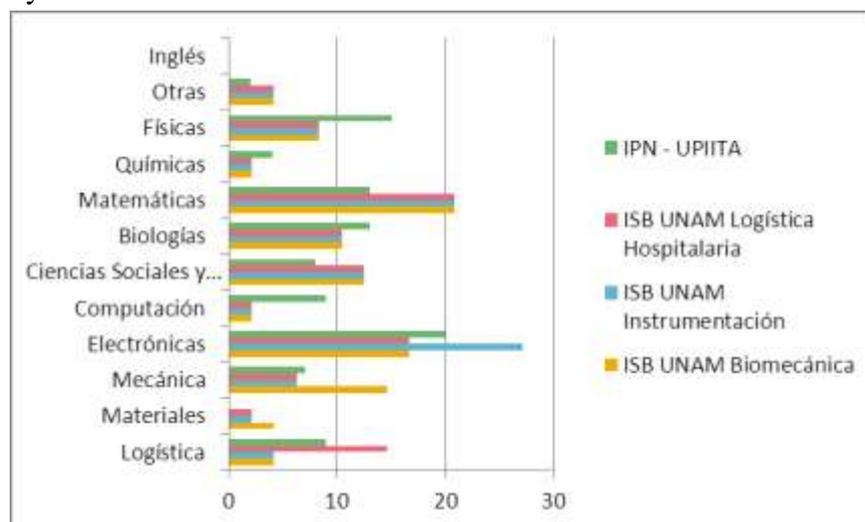


Figura 17. Distribución de las asignaturas del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Biónica del Instituto Politécnico Nacional (Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingenierías y Tecnologías Avanzadas)

Universidad La Salle

CARRERA: Ingeniería Biomédica

OBJETIVO: Formar profesionistas con los conocimientos, las habilidades y las actitudes que les permitan incursionar en las diferentes ramas de la disciplina, a través de la innovación, aplicación y administración de soluciones tecnológicas viables que coadyuven a mejorar la atención médica de la población; e interactuar en equipos multidisciplinarios para incidir en la calidad del Sistema de Salud, todo ello sustentado en principios científicos, bioéticos y humanistas.

La licenciatura se encuentra orientada al campo de la salud en las áreas de diagnóstico, tratamiento y rehabilitación; sus ramas son: ingeniería de rehabilitación, ingeniería clínica, señales e imágenes médicas, biotecnología en salud, entre otras.

En el plan de estudios destacan las áreas de electrónica (20%), logística (17%) y ciencias sociales y humanidades (20%). La distribución de las asignaturas se presenta en la siguiente figura. Por otra parte se promueven las habilidades comunicativas y de trabajo en equipo; en el área de logística destacan asignaturas como: gerencia hospitalaria, emprendedores y sustentabilidad.

En la página Web institucional

http://www.ulsal.edu.mx/educativa/licenciaturas/ing_biomedica/?pagina=plan consultada el 31 de enero de 2011, se publica el perfil del egresado que a continuación se presenta:

Al término de la licenciatura, los egresados serán capaces de:

- Vincular conocimientos fundamentales de matemáticas, ciencias básicas, computación, ingeniería y medicina desde el ámbito de la ingeniería biomédica, para incidir en la calidad de los servicios del Sistema de Salud.
- Coadyuvar en el diseño y la adaptación de equipos y sistemas para la salud, así como en la innovación y conservación de la tecnología médica para la atención integral de la población.
- Seleccionar, transformar, conservar y producir dispositivos que funcionen como instrumentos, equipos, aparatos o accesorios diversos, útiles en el proceso de atención a la salud.
- Participar, bajo principios éticos, en el diseño de unidades físicas de atención a la salud, así como en la elaboración de la normatividad técnica para su construcción y equipamiento, estableciendo criterios y estándares óptimos que apoyen la toma de decisiones correspondientes.
- Aplicar técnicas de procesamiento de señales e imágenes, para coadyuvar en el diagnóstico médico y en la telemedicina.

- Colaborar en la administración de la informática médica, considerando estándares nacionales e internacionales, para el aprovechamiento integral de recursos de entidades nosológicas.
- Administrar la tecnología biomédica considerando su planeación, adquisición, mantenimiento y evaluación para mejorar la eficiencia y eficacia de la atención a la salud.
- Dirigir las áreas de ingeniería biomédica de instituciones hospitalarias aplicando técnicas modernas y vinculando acciones administrativas y médicas.
- Asesorar y participar en la capacitación de los usuarios para el manejo adecuado de la tecnología biomédica.
- Interactuar de manera profesional y ética con el personal que brinda los servicios de salud, proponiendo soluciones multidisciplinarias en el campo de la ingeniería biomédica con actitud de cooperación y respeto.
- Diseñar, gestionar, evaluar y promover, con actitud emprendedora e innovadora, proyectos sustentables que den respuesta a problemas vinculados con el campo de formación, a partir de un trabajo multi y/o interdisciplinario, considerando las características de los entornos local y global, bajo principios de responsabilidad social.
- Desarrollar su práctica profesional incorporando el empleo eficiente de las TIC para la gestión de la información y como herramienta para el aprendizaje y la actualización permanentes, así como el uso de estrategias para una comunicación eficaz, tanto en español como en inglés, todo ello encaminado a favorecer el intercambio de ideas en diversos contextos y la construcción colectiva de conocimiento.
- Consolidar una actitud de respeto y valoración por sí mismo, por los demás, por diversas culturas incluyendo la propia, así como contraer un compromiso de servicio; a partir de la reflexión y definición de sus posturas con respecto a los valores trascendentes de la existencia humana.

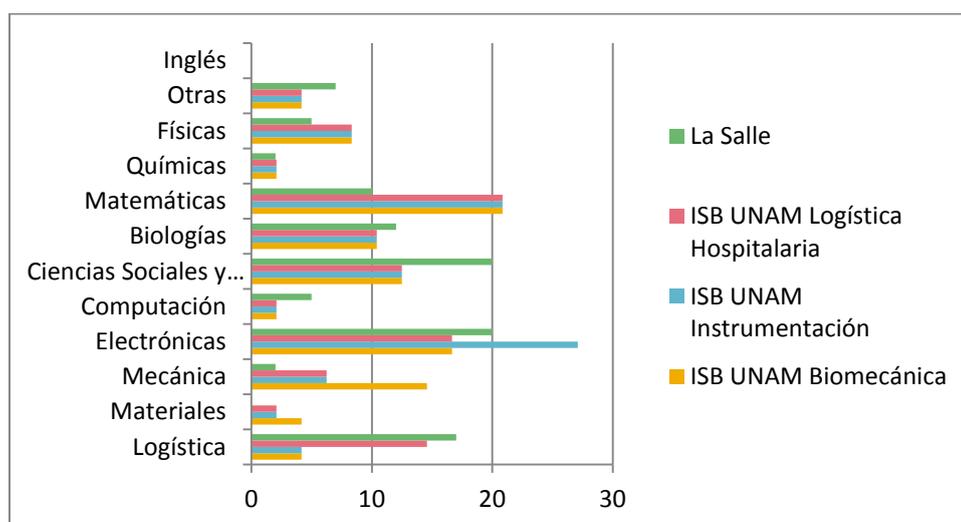


Figura 18. Distribución de las asignaturas del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Biomédica en la Universidad La Salle

Tecnológico de Monterrey (Campus Ciudad de México)

CARRERA: Ingeniería Biomédica

OBJETIVO: La formación de profesionistas capaces de diseñar, utilizar, evaluar y administrar tecnología en ambientes clínicos; orientar de manera eficiente al usuario médico sobre la utilización de equipo especializado en algún tratamiento y diagnóstico; desempeñarse en la proveeduría de equipo médico, consumibles, mantenimiento o consultoría.

En su plan de estudios destacan el área electrónica (21%), ciencias sociales y humanidades (21%), computación (9%) y biología (7%). La distribución de las asignaturas se muestra en la figura 19. Por otra parte cabe destacar el gran interés en el área de ciencias sociales y humanidades.

En la página institucional <http://viewer.zmags.com/showmag.php?mid=whsswd#/page2/> consultada el 31 de enero de 2011, menciona que el Ingeniero Biomédico será capaz de:

- Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería en el área de la salud, empleando las mejores prácticas y avances tecnológicos existentes.
- Diseñar sistemas, componentes o procesos en el área de la salud, considerando aspectos de seguridad, económicos y de sustentabilidad.
- Emprender, gestionar e innovar negocios, proyectos y productos del área de salud.
- Comprender la importancia del compromiso profesional, ético, ciudadano y con el medio ambiente.
- Diseñar y conducir procedimientos experimentales para la obtención de información relevante para ingeniería biomédica.
- Aplicar matemáticas, biología, fisiología y otras ciencias, en las distintas áreas de la ingeniería biomédica.
- Entender el impacto social, económico, ambiental y global de las soluciones en ingeniería.

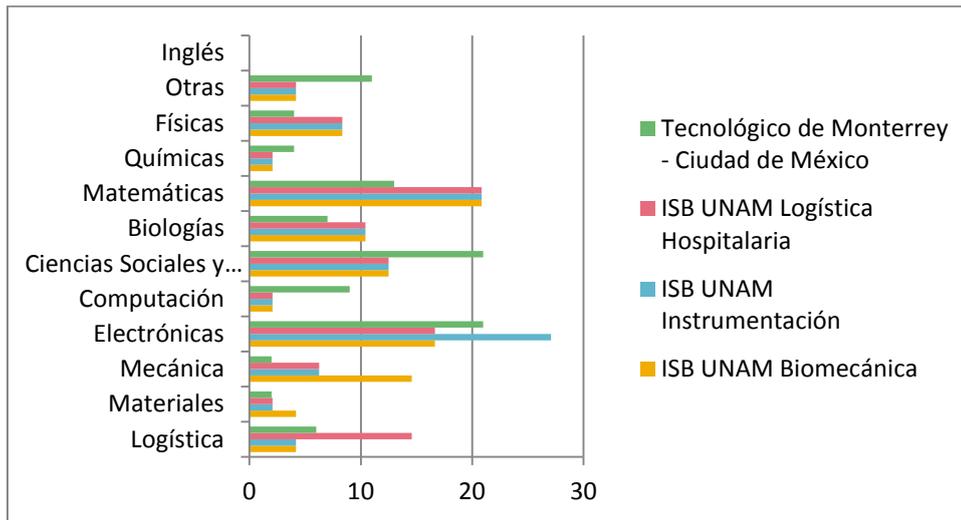


Figura 19. Distribución de las asignaturas del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Biomédica del Tecnológico de Monterrey (Campus Ciudad de México).

Tecnológico de Monterrey (Campus Guadalajara y Monterrey)

CARRERA: Ingeniería Biomédica.

OBJETIVO: La formación de profesionistas con sólidos conocimientos en ciencias exactas, ingeniería y ciencias biológicas, que se especialicen en áreas relacionadas con el uso, generación y conservación de tecnología médica para identificar y resolver problemas del área de la salud, con un alto sentido ético y profesional.

Las áreas que destacan en el plan de estudios son: electrónicas (25%), y ciencias sociales y humanidades (13%), otras (21%) (Entre estas asignaturas se encuentran inglés y otras lenguas extranjeras, etc.). La distribución de las asignaturas se muestra en la figura 20.

En la página institucional

http://www.itesm.edu/wps/portal?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/migration/GDA2/Guadalajara/Programas+Educativos/Carreras+Profesionales/Ciencias+de+la+Salud/Biomedicina/Plan+de+Estudios consultada el 31 de enero de 2011, se menciona las áreas de conocimiento y el perfil del egresado siguiente:

- Ingeniería clínica. Comprende el desarrollo de competencias para que el egresado pueda desempeñarse como ingeniero clínico en instituciones de salud, realizando funciones de administración, selección de equipo y generando procesos de calidad.
- Bioinstrumentación. Trata del desarrollo de competencias para el diseño, mantenimiento y operación de dispositivos biomédicos con componentes electrónicos.
- Diseño biomecánico. Prepara al alumno para que al egresar pueda trabajar en el diseño de dispositivos biomédicos en empresas dedicadas a la innovación de productos en el área de salud o como emprendedor en esta área.
- Ingeniería fisiológica. Trata del desarrollo de competencias para comprender y modelar sistemas fisiológicos que sirvan de base para utilizar y desarrollar herramientas tecnológicas de diagnóstico y tratamiento de diversas patologías.

El egresado podrá trabajar en empresas que se dediquen al diseño y comercialización de dispositivos biomédicos de alta sofisticación y estará preparado para realizar investigación y estudios de posgrado en tecnologías de punta.

Cabe destacar que el plan de estudios del Tecnológico de Monterrey campus Guadalajara y campus Monterrey coinciden.

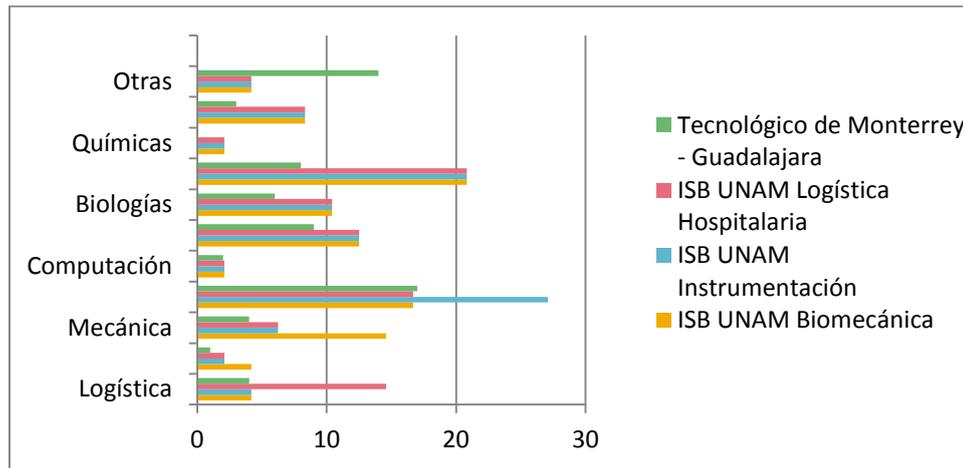


Figura 20. Distribución de las asignaturas del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Biomédica del Tecnológico de Monterrey (Monterrey y Guadalajara)

Universidad Iberoamericana Ciudad de México

CARRERA: Ingeniería Biomédica (Certificación CACEI).

OBJETIVO: La formación de ingenieros que sean capaces de contribuir al desarrollo de tecnología para ponerla al servicio de la medicina.

Las áreas que destacan principalmente en el plan de estudios son: electrónica (29%), biología (18%), computación (11%), la distribución de las asignaturas se muestra en la figura 21, el enfoque de esta ingeniería es la solución de problemas biomédicos por medio de la instrumentación.

El perfil del egresado, publicado por la universidad en la página [http://www.uia.mx/web/site/tpl-](http://www.uia.mx/web/site/tpl-Nivel2.php?menu=adAspirantes&seccion=Ibiomedicaestructura)

[Nivel2.php?menu=adAspirantes&seccion=Ibiomedicaestructura](http://www.uia.mx/web/site/tpl-Nivel2.php?menu=adAspirantes&seccion=Ibiomedicaestructura) consultado el 31 de enero de 2011, es el siguiente:

- Diseñar y aplicar alta tecnología para solucionar problemas y necesidades específicas en los campos de medicina y biología.
- Hacer más eficaces y eficientes los servicios de salud mediante una adecuada integración, operación y administración de la tecnología médica en clínicas y hospitales.
- Analizar, diseñar, instalar y mantener instrumentos médicos para diagnóstico y terapia.
- Ayudar en la rehabilitación integral de personas con discapacidad mediante el diseño y adaptación de equipos y sistemas tecnológicos que les ayuden en los diversos aspectos de su vida.

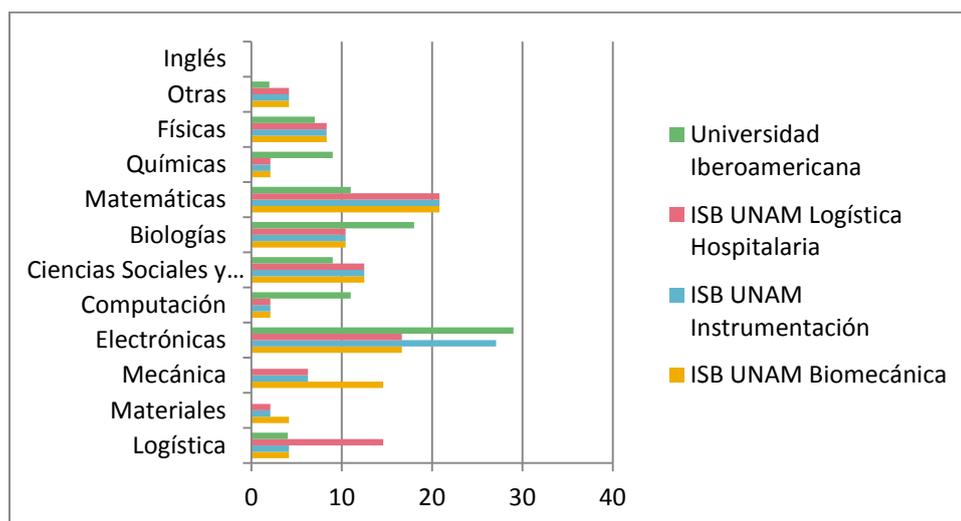


Figura 21. Distribución de las asignaturas del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Biomédica de la Universidad Iberoamericana Ciudad de México

Universidad de Guadalajara

CARRERA: Ingeniería Biomédica

OBJETIVO: La formación de profesionales con capacidades para realizar funciones de coordinación en los campos de la ingeniería y la medicina, así como las de generar planes en industrias donde es esencial la comprensión profunda de los sistemas vivos y de aplicaciones tecnológicas.

El plan de estudios de esta carrera tiene un enfoque puramente bioelectrónico, debido a su 33% de asignaturas del área electrónica. Este profesionista cuenta con bases sólidas en las áreas de biología (7%), química (5%), computación (5%) y logística (9%), la distribución de asignaturas se muestra en la figura 22.

La universidad ha publicado en la página <http://guiadecarreras.udg.mx/licenciatura-en-ingenieria-biomedica/?programa=0#02> consultada el 31 de enero de 2011, el perfil que a continuación se presenta:

- Diseñar, modificar, evaluar y ofrecer mantenimiento a equipo e instrumentos usados en el proceso de atención a la salud.
- Participar de manera interdisciplinaria en el diseño, construcción, operación y conservación de instalaciones orientadas a la atención de la salud.
- Ofrecer consultoría, servicios y capacitación en las áreas de seguridad hospitalaria, administración de la tecnología médica e instrumentación médica.

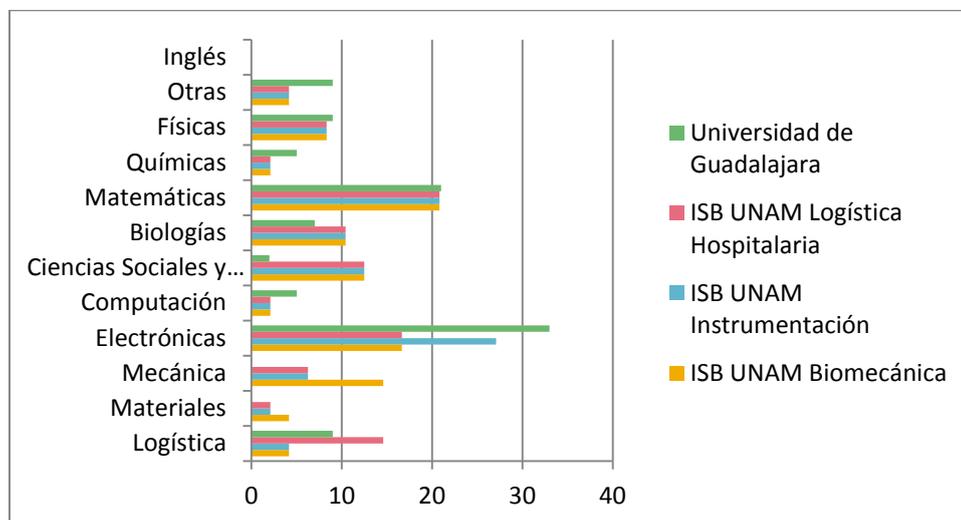


Figura 22. Distribución de las asignaturas del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Biomédica de la Universidad de Guadalajara

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

CARRERA: Ingeniería Biomédica

OBJETIVO: Formar ingenieros biomédicos profesionales con bases sólidas en las áreas de instrumentación biomédica, biotecnología, bioinformática, biomateriales, procesamiento digital de señales e imágenes biomédicas, ingeniería de rehabilitación e ingeniería clínica.

De acuerdo al anuario estadístico 2012-2013 de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, se tuvo un 72% de admisión con 118 alumnos aceptados de 162 aspirantes.

Su plan de estudios se divide principalmente en tres áreas de conocimiento: bioinstrumentación, biomedicina y administración hospitalaria. También posee una importante área de ciencias sociales y humanidades, que representa el 7% del programa, la distribución de las asignaturas se presenta en las figuras 23, 24 y 25.

Dentro del área de bioinstrumentación, la electrónica desempeña un papel fundamental (24%), y en cuanto a la mecánica representa un 7% dentro del programa.

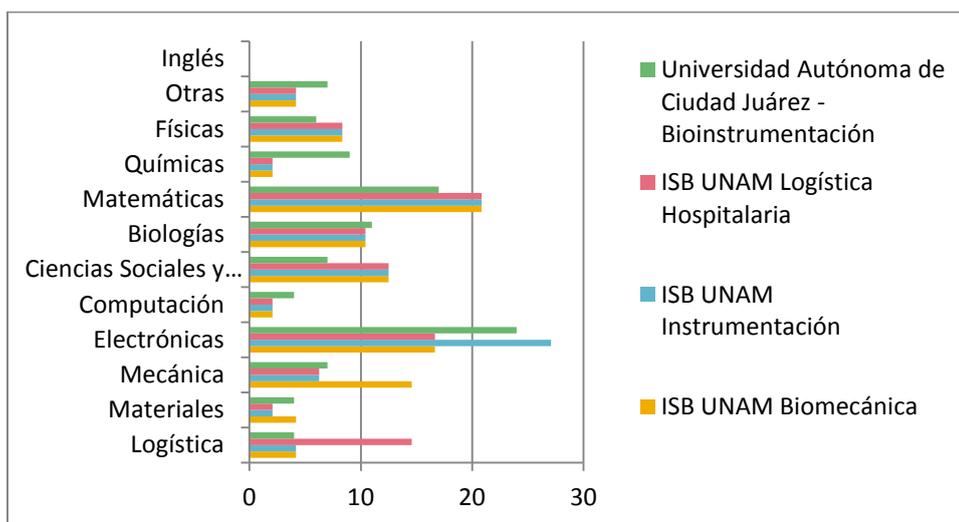


Figura 23. Distribución de las asignaturas del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Biomédica área Bioinstrumentación de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

En la segunda área, la electrónica también desarrolla un papel importante (20%), sin embargo solamente se introducen las nociones básicas de la mecánica como parte del entendimiento de los problemas biomédicos. Cabe destacar que la rama de computación (7%), es básica en el desarrollo de aplicaciones médicas.

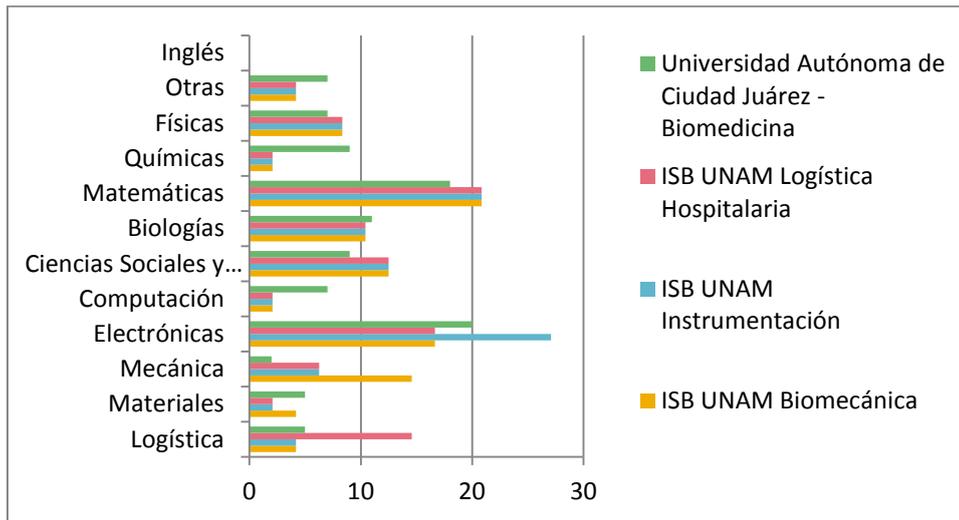


Figura 24. Distribución de las asignaturas del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Biomédica área Biomedicina de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

En la última área se imparte un conocimiento básicamente electrónico (20%), con nociones de mecánica (2%). En administración hospitalaria también se infunden las generalidades de la rama de materiales (4%) y bases de la biología (11%), pero el enfoque se encuentra hacia la logística ya que abarca el 13% del plan de estudios en cuestión.

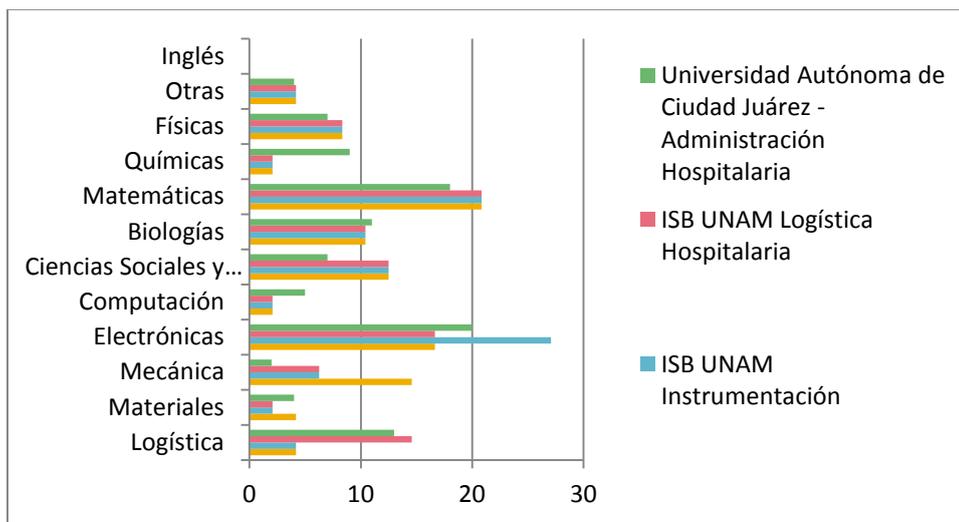


Figura 25. Distribución de las asignaturas del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Biomédica área Administración Hospitalaria de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

En la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez en la página <http://www.uacj.mx/IIT/electricaComputacion/ib/Paginas/default.aspx> consultada el 31 de enero de 2011, el egresado de la licenciatura en Ingeniería Biomédica tendrá los conocimientos y habilidades necesarios para:

- Participar en la investigación básica y aplicada en diferentes campos del conocimiento relacionados con la atención a la salud.
- Proponer alternativas prácticas de solución a los diversos problemas de índole tecnológica que se presentan en la práctica médica.
- Desarrollar y promover tecnología de uso médico.

- Colaborar en la planeación de servicios de atención a la salud. Diseñar, ejecutar y evaluar programas de capacitación y/o asesoría en el área técnico-médica.
- Realizar estudios de especialización y/o posgrado en las diferentes disciplinas del campo de la Ingeniería Eléctrica, en particular de la Ingeniería Biomédica.

Universidad de Monterrey

CARRERA: Ingeniería Biomédica

OBJETIVO: Formar profesionistas con las competencias profesionales necesarias para la selección, administración, mantenimiento y diseño de equipos para el diagnóstico y tratamiento médicos y con las aptitudes y actitudes para entender los requerimientos de los médicos y centros hospitalarios y presentar soluciones adecuadas para la optimización y mejora de sus recursos.

Su plan de estudios posee una orientación práctica y abarca las distintas áreas de ingeniería biomédica incluyendo ingeniería clínica, biomecánica, biomateriales y dispositivos médicos.

Sin embargo el enfoque de este programa es básicamente electrónico (16%), con un 18% en el área de logística, lo que en conjunto con las ciencias de la salud, habilita a este ingeniero para la administración de recursos en el área médica; en el diseño, reparación y mantenimiento de equipo médico. Por otra parte los conocimientos mecánicos y de materiales en este programa son del 7% y 5% respectivamente, la distribución de las asignaturas se presenta en la figura 26.

El perfil del egresado, publicado en la página

http://www.udem.edu.mx/carreras/ingeniero_bio/tema/plan_de_estudios/71/502/3 consultada el 31 de enero del 2011, por la universidad, es el siguiente:

- Responde a nuevos entornos profesionales (acreditaciones, certificaciones).
- Provee flexibilidad y profesionalización.
- Desarrolla competencias profesionales.
- Vertebración con Posgrado.
- Asegura el dominio de una segunda lengua y ofrece más opciones para una tercera.
- Contiene infusión de inglés a través de bibliografía y cursos impartidos en este idioma.
- Contiene infusión de habilidades de comunicación oral y escrita, general y específica del área.
- Desarrolla experiencia profesional antes de graduarse mediante los programas de prácticas dirigidas y el Programa de Evaluación Final, orientándolo a sectores industriales específicos, en este caso al sector salud.

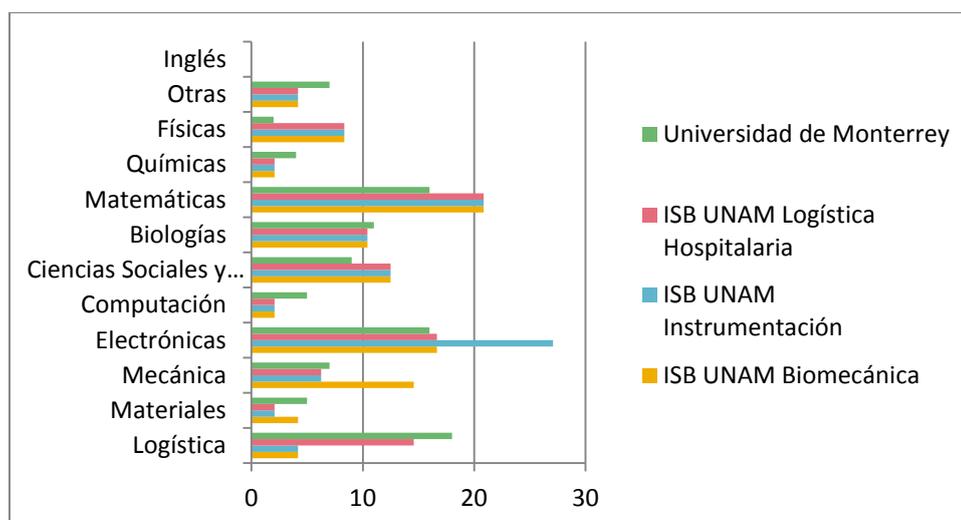


Figura 26. Distribución de las asignaturas del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Biomédica de la Universidad de Monterrey

Universidad Politécnica de Chiapas

Carrera: Ingeniería Biomédica

Objetivo: Formar recursos humanos especializados con valores, con actitud investigadora, capacidad de autoaprendizaje, emprendedores, capaces de desarrollar, adoptar y aplicar la tecnología para ofrecer soluciones científicas y administrativas integrales, óptimas y tecnológicas derivadas de las necesidades e ineficiencias en el campo de la salud en nuestro país; con la capacidad de integrarse en programas de mejoramiento, operación y conservación de instalaciones y equipos delicados en la salud, considerando para ello la evaluación, mantenimiento, modificación y diseño. Todo esto sin dejar a un lado la parte ambiental.

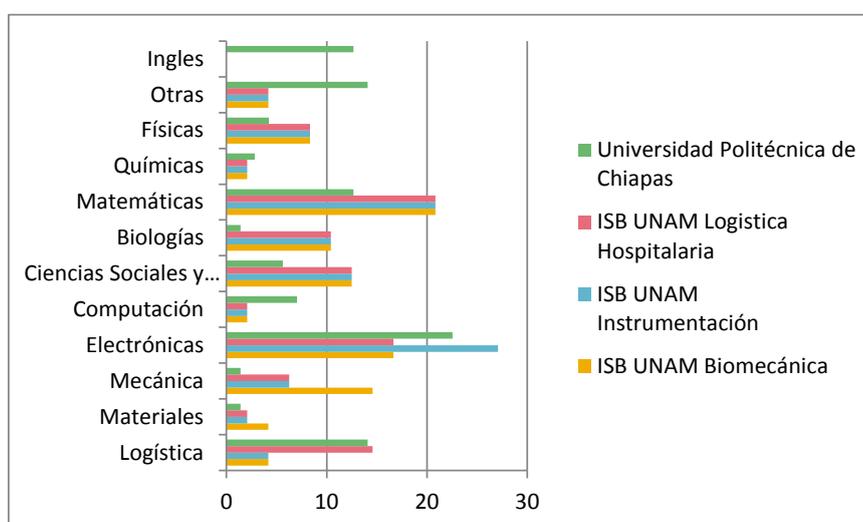


Figura 27. Distribución de las asignaturas del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Biomédica de la Universidad Politécnica de Chiapas

El plan de estudios que propone la Universidad Politécnica de Chiapas posee una orientación teórico-práctico y se centra alrededor de tres áreas específicas: la instrumentación médica, tecnología clínica ambiental y el diseño de equipo biomédico.

En la figura 27 se puede observar que hay 4 rubros muy importantes los cuales son: logística (14%), electrónica (22%), matemáticas (12%), y las que se denominan como otras (14%).

Entre las asignaturas que se denominan otras, se tienen seminarios y un curso especializado para desarrollar un proyecto terminal, además de una estancia y una estadía, las cuales abarcan un semestre por separado, cada una.

La Universidad Politécnica de Chiapas hace un énfasis en la lengua extranjera, destinado un 12% de las asignaturas al aprendizaje del inglés, distribuido en 9 niveles.

Universidad Politécnica de Pachuca

Carrera: Ingeniería Biomédica

Objetivo: Mantener y diseñar equipos que ofrezcan soluciones tecnológicas en el campo de la salud; así como gestionar programas de mejoramiento, operación y conservación de instalaciones y equipos médicos, considerando para ello la evaluación, mantenimiento y modificación de lo existente, además del diseño de soluciones científicas y administrativas integrales, todo ello considerando el aspecto ambiental y humano.

Perfil de egreso: El ingeniero Biomédico se caracteriza por su formación multidisciplinaria, que le permiten identificar, diagnosticar, reparar, diseñar, mejorar y proponer alternativas de solución a las necesidades y requerimientos en el área de instrumentación y apoyo tecnológico en el área médica, con criterio investigativo e innovador y principios éticos, filosóficos y humanísticos. Es un profesional capacitado para dirigir, intervenir y asesorar en el funcionamiento de centros hospitalarios. El ingeniero egresado contará con la experiencia necesaria para el uso de equipos biomédicos.

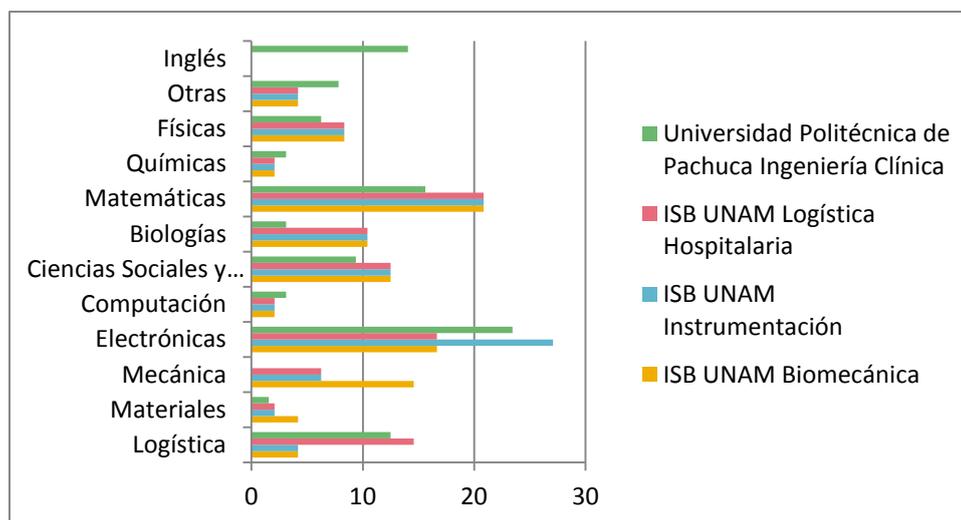


Figura 28. Distribución de las asignaturas del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Biomédica módulo de ingeniería clínica de la Universidad Politécnica de Pachuca

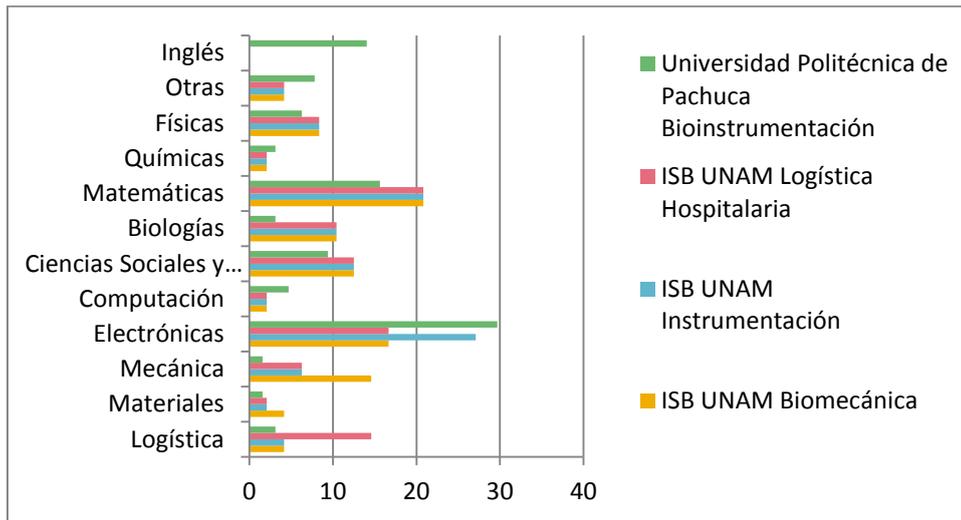


Figura 29. Distribución de las asignaturas del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Biomédica módulo de bioinstrumentación de la Universidad Politécnica de Pachuca

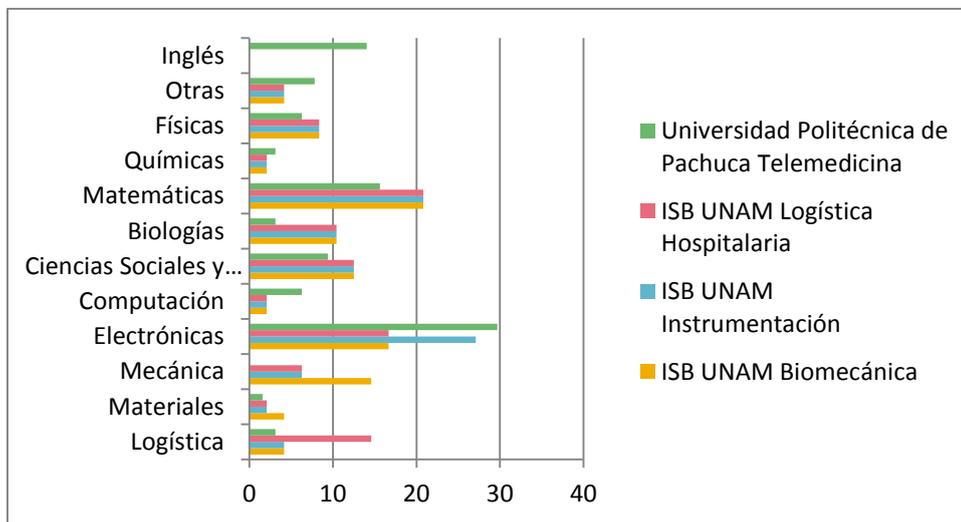


Figura 30. Distribución de las asignaturas del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Biomédica módulo de telemedicina de la Universidad Politécnica de Pachuca

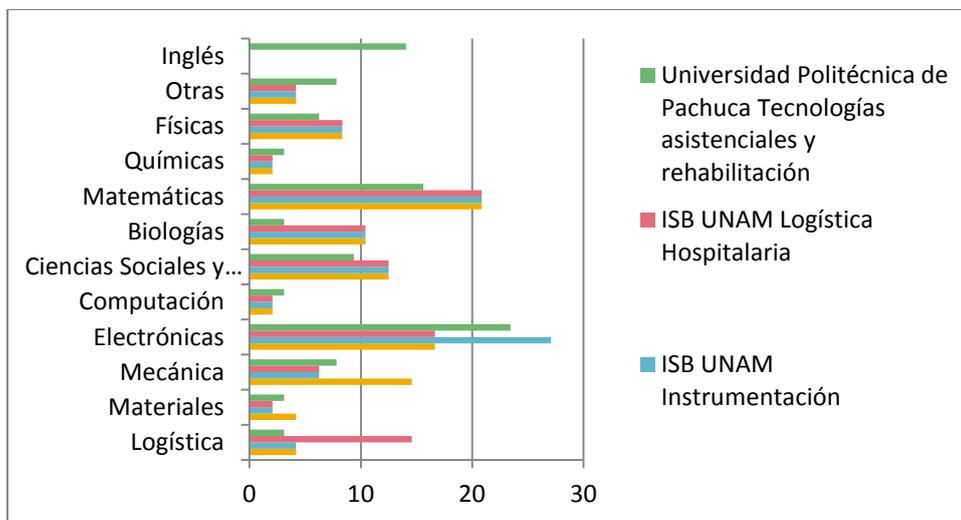


Figura 31. Distribución de las asignaturas del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Biomédica módulo de tecnologías asistenciales y rehabilitación de la Universidad Politécnica de Pachuca

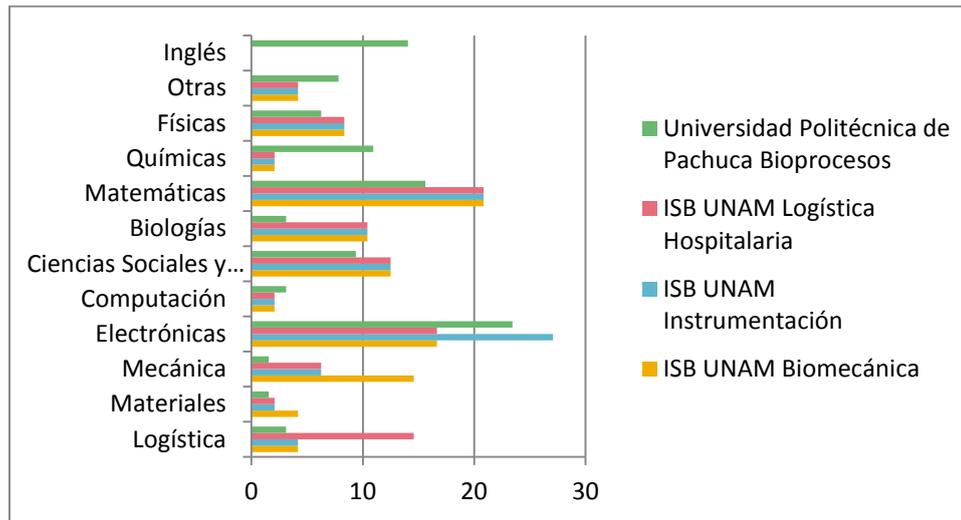


Figura 32. Distribución de las asignaturas del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Biomédica módulo de bioprocesos de la Universidad Politécnica de Pachuca

Como se puede apreciar en los gráficos anteriores, la Universidad Politécnica de Pachuca cuenta con cinco módulos terminales los cuales son: bioinstrumentación, bioprocesos, ingeniería clínica, tecnologías asistenciales y rehabilitación, telemedicina.

En esta carrera, se hace un especial énfasis en el área de Electrónica, ya que los módulos terminales de bioprocesos, ingeniería clínica, tecnologías asistenciales y rehabilitación, tienen por lo menos el 23% de asignaturas del plan destinadas a esa área. Los módulos de bioinstrumentación y telemedicina cuentan con el 29% de asignaturas destinadas a electrónica.

Se puede observar que se cuenta con 15% de asignaturas para la enseñanza de los fundamentos matemáticos de la ingeniería. Por otro lado, las áreas como Biología y Materiales quedan un poco rezagadas al solo contar con un 3% del total de asignaturas del plan.

De igual manera que la Universidad Politécnica de Chiapas, se hace un énfasis en la enseñanza del idioma inglés, teniendo cerca del 14% de las asignaturas, y también se destina un semestre completo a una estadía y dos estancias.

ANEXO A.IV

Análisis de planes de estudio de universidades internacionales con carreras afines a la Ingeniería en Sistemas Biomédicos.

UNIVERSIDADES DE AMÉRICA DEL NORTE

Massachusetts Institute of Technology

CARRERA: Ingeniería Biológica

OBJETIVO: Formar profesionales con la finalidad de analizar los sistemas biológicos, el desarrollar de nuevos materiales, dispositivos y procesos para mejorar el entorno de salud.

El perfil del egresado, está publicado en la página

http://web.mit.edu/be/programs/be_faq.shtml, consultada el 19 de febrero del 2011, es el siguiente:

Los egresados de la carrera de Ingeniería Biológica pueden desarrollarse en la industria farmacéutica y de biotecnología, mediante análisis y desarrollo celular y de tejido. La distribución de su plan de estudios se presenta en la siguiente figura:

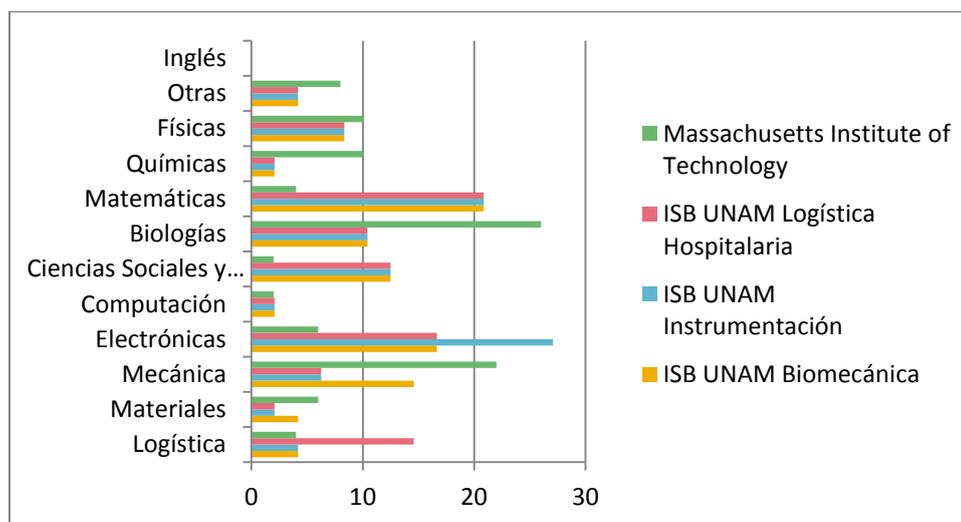


Figura 33. Distribución de asignaturas del plan de estudios de la universidad MIT

Texas A&M University

CARRERA: Ingeniería Biomédica

OBJETIVO: La carrera de ingeniero biomédico tiene como objetivo el desarrollo de habilidades de diseño e investigación, en las áreas de bioinstrumentación y bioimagen, biomateriales e ingeniería de tejido, biomecánica, biofotónica, industria médica e ingeniería clínica. Las asignaturas sobresalientes con que cuenta esta carrera son las asignaturas de biomateriales y órganos artificiales, sensores biomecánicos e imagen a nano escala y aplicaciones de bióptica a microescala.

El perfil del egresado, está publicado en la página

<http://biomed.tamu.edu/academics/undergraduate/index.html?expanddiv=prospective-general> consultada el 19 de febrero del 2011, es el siguiente:

El ingeniero del área de bioinstrumentación y bioimagen tiene conocimientos de electrónica y mecánica que en conjunto con los conocimientos generales de biología, le permiten a este profesional no solamente desarrollarse en el mantenimiento de equipo sino en el diseño del mismo. La distribución de las asignaturas se presenta en la siguiente figura.

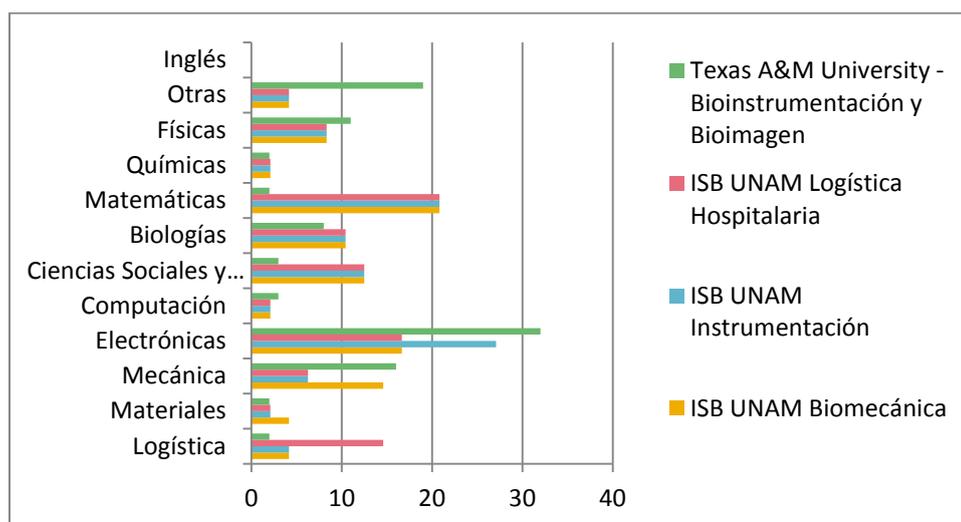


Figura 34. Distribución de las asignaturas en el plan de estudios de la Universidad de Texas A&M módulo de bioinstrumentación y bioimagen

El egresado del módulo de biomateriales e ingeniería de tejido posee bases en electrónica y mecánica, así como conocimientos en el área de materiales. La distribución de las asignaturas se presenta en la figura 35.

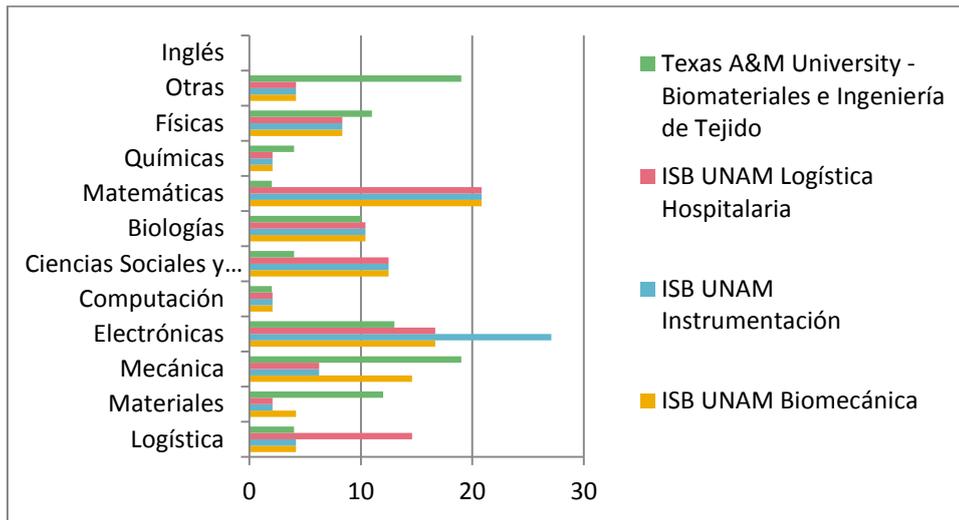


Figura 35. Distribución de las asignaturas en el plan de estudios de la Universidad de Texas A&M módulo de Biomateriales e Ingeniería de Tejido

El ingeniero del área biomecánica posee conocimientos del área mecánica y electrónica, relacionados con estructuras mecánicas de los seres vivos. La distribución de las asignaturas se presenta en la siguiente figura:

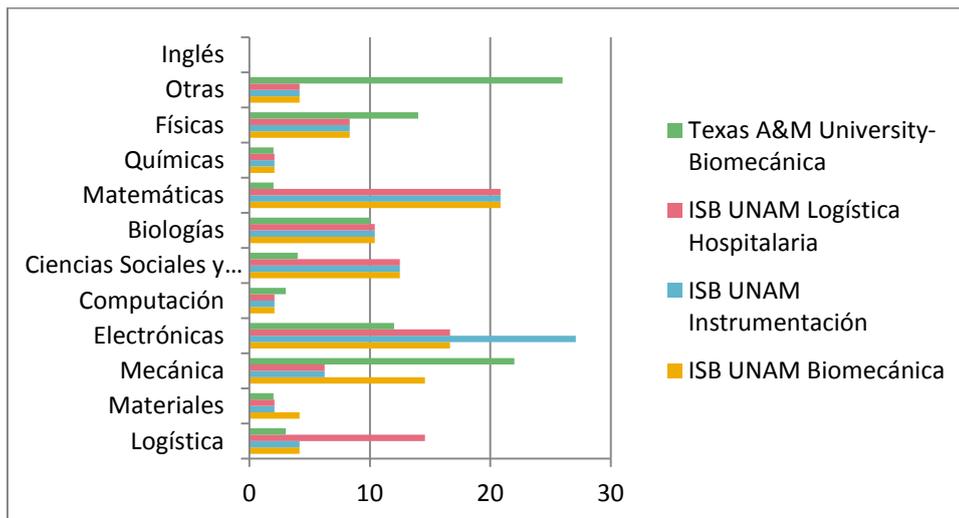


Figura 36. Distribución de las asignaturas en el plan de estudios de la Universidad de Texas A&M módulo de biomecánica

El profesionalista del área de industria médica e ingeniería clínica cuenta con bases en mecánica, electrónica, logística y ciencias naturales, permitiéndole establecer sistemas de control, planeación y administración de recursos hospitalarios. La distribución de sus asignaturas se presenta en la figura 37.

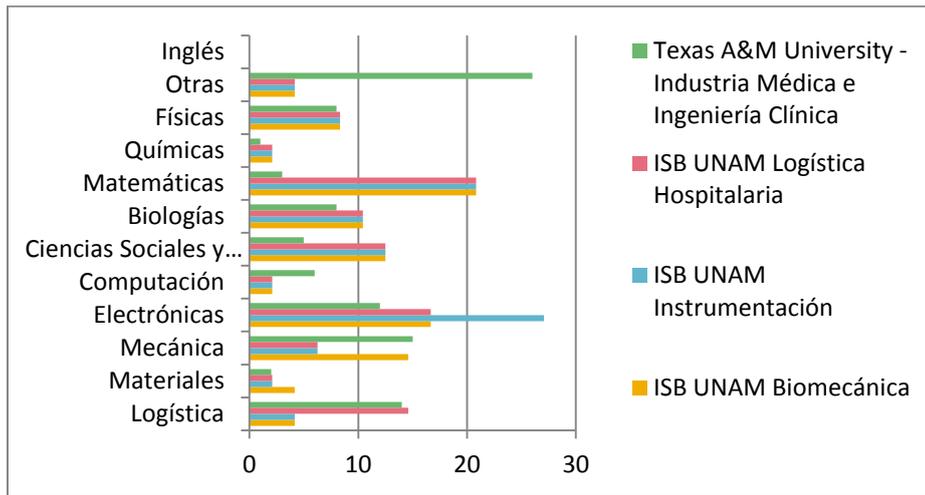


Figura 37. Distribución de las asignaturas en el plan de estudios de la Universidad de Texas A&M módulos de Industria Médica e Ingeniería Clínica.

El profesional del área de Biofotónica, tiene conocimientos en mecánica, electrónica y biología, permitiéndole desarrollar dispositivos con aplicación en el área médica, la distribución de las asignaturas se presenta en la figura 38.

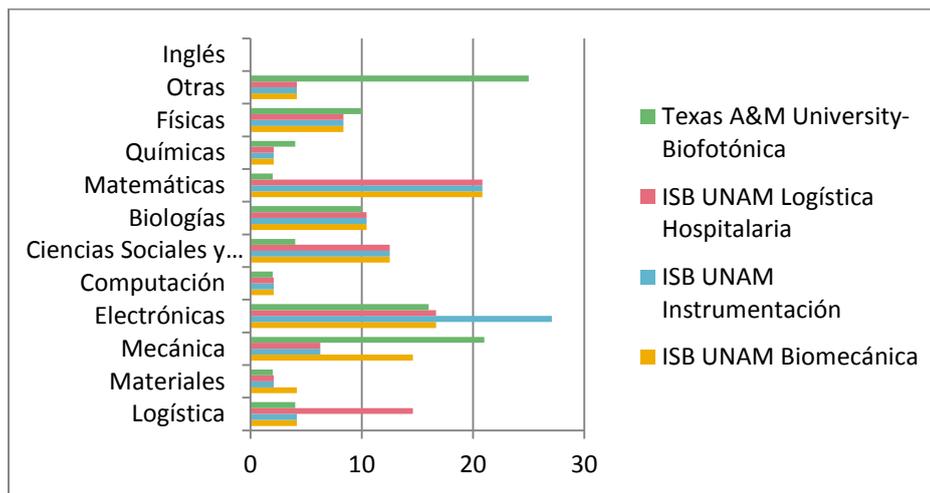


Figura 38. Distribución de las asignaturas en el plan de estudios de la Universidad de Texas A&M módulos Biofotónica.

UNIVERSIDAD DE CHICAGO

CARRERA: Bioingeniería

OBJETIVO: Preparar estudiantes con alto nivel en biotecnología para laborar en la industria farmacéutica, de dispositivos médicos, hospitales, laboratorios, etc., con amplios conocimientos en ingeniería celular y de tejidos y bioinformática; manteniendo una fuerte interacción con los colegios de medicina, departamento de ciencia biológicas y otras disciplinas de la ingeniería. Brindando la oportunidad de continuar posgrados en las áreas de imagenología médica, biosensores e ingeniería de rehabilitación.

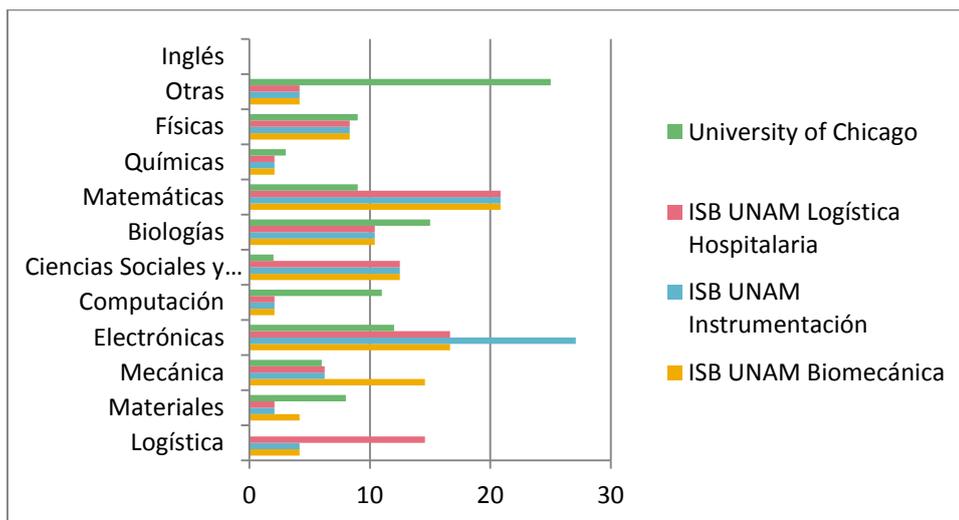


Figura 39. Distribución de asignaturas del plan de estudios de Universidad de Chicago

El perfil del egresado, está publicado en la página

<http://www.uic.edu/ucat/courses/BIOE>, consultada el 27 de febrero del 2011.

JOHN HOPKINS UNIVERSITY

CARRERA: Ingeniería Biomédica

OBJETIVO: La ingeniería Biomédica tiene como objetivo formar profesionales en las áreas de sistemas biológicos, ingeniería celular y de tejido, biología computacional e instrumentación en micro y nano tecnología.

El perfil del egresado, está publicado en la página

<http://www.bme.jhu.edu/academics/undergrad.htm>, consultado el 19 de febrero del 2011.

La Ingeniería en Biomédica tiene cuatro áreas de desarrollo: el área de ingeniería Celular y Tisular, cuyo objetivo es el desarrollo de nuevas células y tejido, la distribución se muestra en la figura 40; el área de Bioinformática tiene como bases el área biológica y de computación permitiéndole al egresado el manejo y procesamiento de información el área médica, la distribución de las asignaturas se presenta en la figura 41. El área de Sistemas Biológicos cuenta con conocimientos de electrónica, mecánica, materiales, biología y computación, lo cual le permite al egresado el desarrollo de dispositivos, procesos y sistemas en el área médica, la distribución se puede observar en la figura 42. El área de instrumentación y micro nanotecnología tiene como base el área biológica y la electrónica, lo que hace posible el desarrollo de dispositivos médicos avanzados.

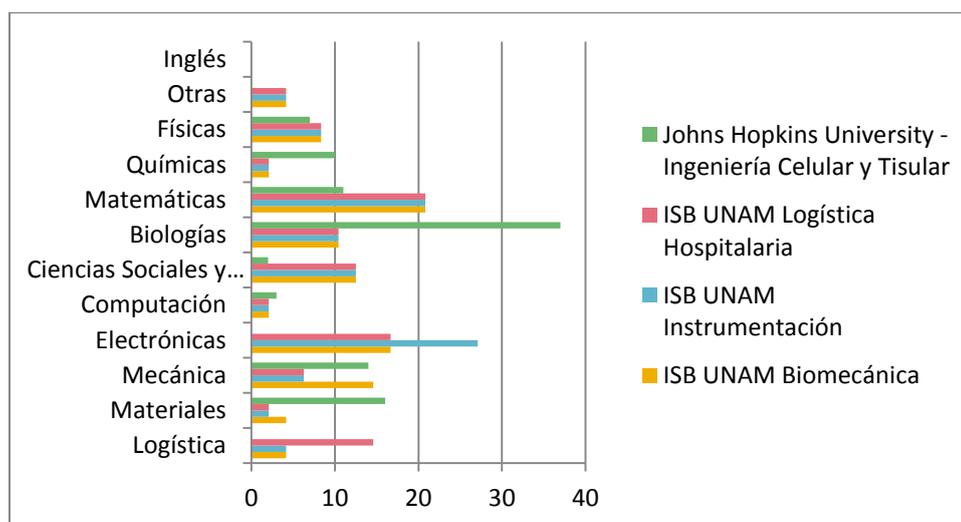


Figura 40. Distribución de asignaturas de la Universidad de John Hopkins, área Ingeniería Celular y Tisular

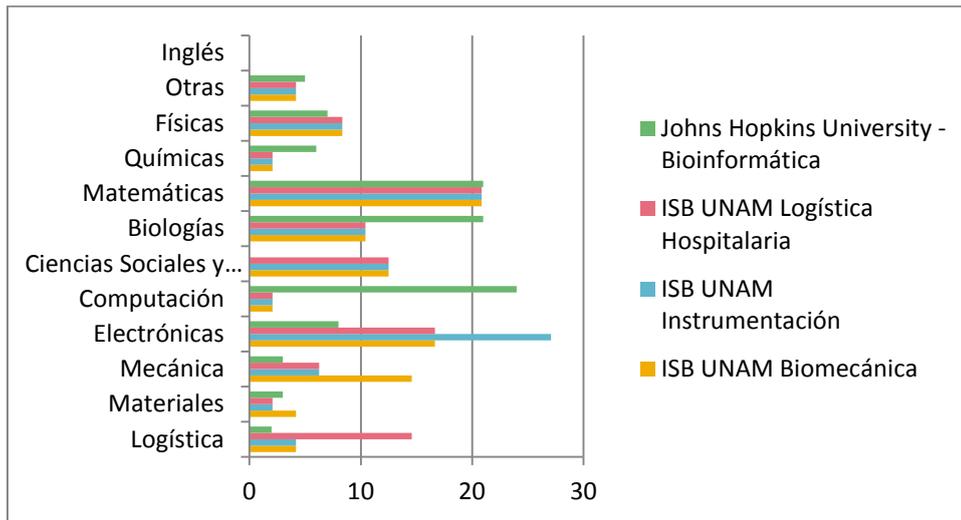


Figura 41. Distribución de asignaturas de la universidad de John Hopkins, área Bioinformática

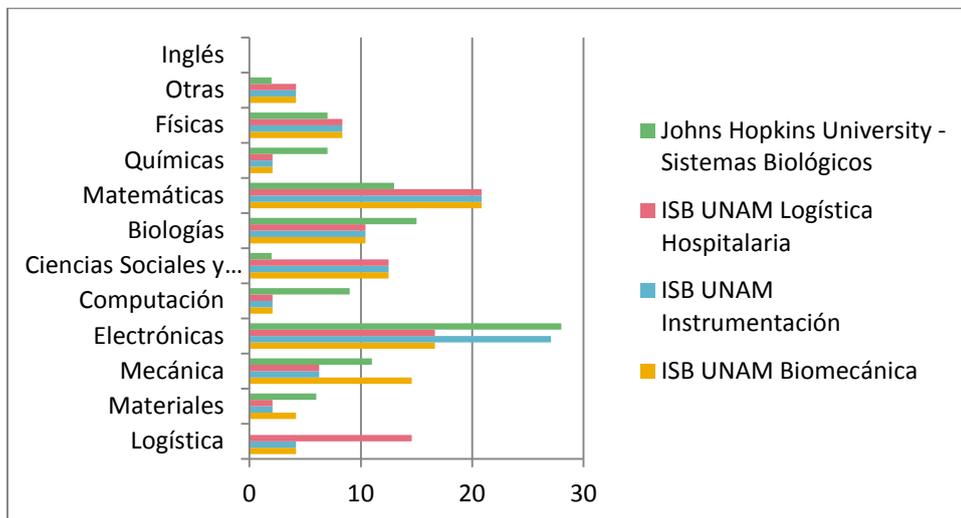


Figura 42. Distribución de asignaturas de la universidad de John Hopkins, área Sistemas Biológicos

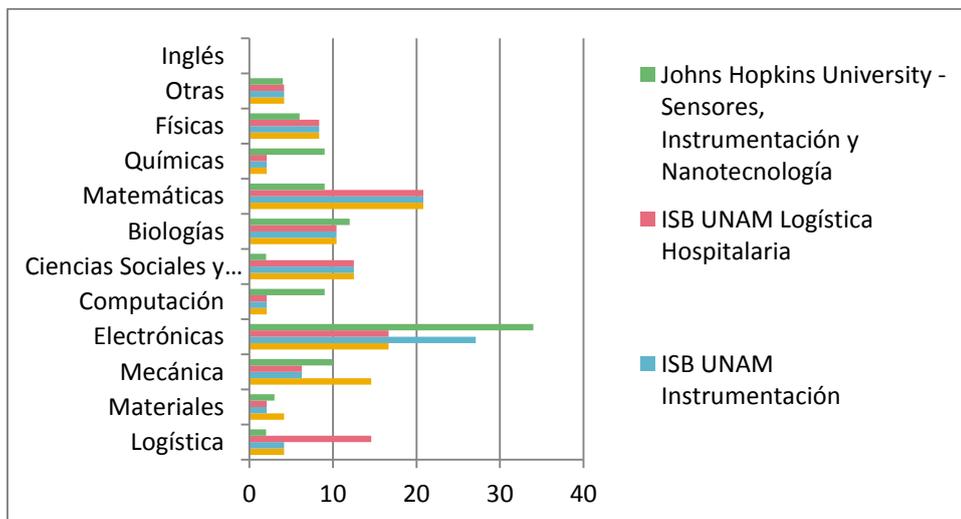


Figura 43. Distribución de asignaturas de la universidad de John Hopkins, área Sensores, Instrumentación y Micro nanotecnología

STANFORD UNIVERSITY

CARRERA: Bioingeniería

OBJETIVO: La bioingeniería en esta institución tiene como objetivo la formación de profesionales capacitados en el diseño celular y de tejidos para aplicaciones clínicas. Las áreas que destacan en el plan de estudios son biología, mecánica de tejido, imagenología, sensores a microescala, biofluidos y métodos computacionales.

El perfil del egresado, se encuentra publicado en la página institucional

<http://explorecourses.stanford.edu/CourseSearch/search?view=catalog&catalog=&page=0&q=BIOE&filter-catalognumber-BIOE=on&filter-coursestatus-Active=on>

consultada el 19 de febrero del 2011.

El egresado de Bioingeniería es el encargado de analizar y diseñar tecnologías para investigar y manipular sistemas biológicos, así como la aplicación de estos conceptos en el área de la biotecnología, la biosíntesis molecular, la terapéutica celular y la medicina personalizada y terapia génica.

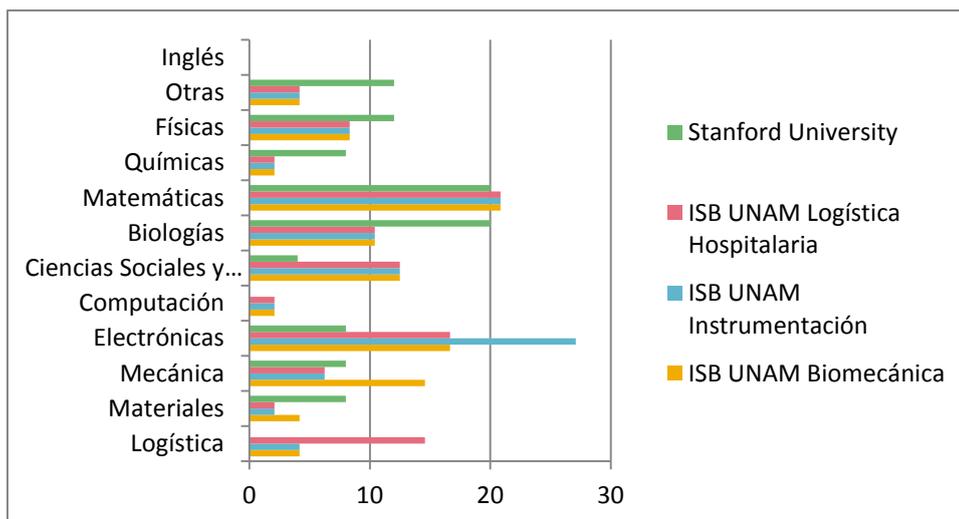


Figura 44. Distribución de asignaturas de la universidad de Standford carrera de Bioingeniería

GEORGIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

CARRERA: Ingeniería Biomédica

OBJETIVO:

El ingeniero biomédico de esta institución tiene como objetivo la creación de conocimiento para el desarrollo e innovación en sistemas biológicos, materiales, procesos, implantes; dispositivos y desarrollos informáticos para la prevención diagnóstico y tratamientos de enfermedades, para rehabilitación y mejora de la salud. Destacan áreas como Neuroingeniería y Bioinformática.

El perfil del egresado, publicado en la página

http://www.bme.gatech.edu/downloads/prereq_chart.pdf , consultada el 19 de febrero del 2011, es el siguiente:

Los egresados de la carrera de Ingeniería Biomédica son los encargados de desarrollar productos biológicos innovadores, materiales, procesos, implantes, dispositivos y enfoques de la informática para la prevención, diagnóstico y tratamiento de la enfermedad, para la rehabilitación de los pacientes, y para mejorar la salud. La distribución de las asignaturas se presenta a continuación:

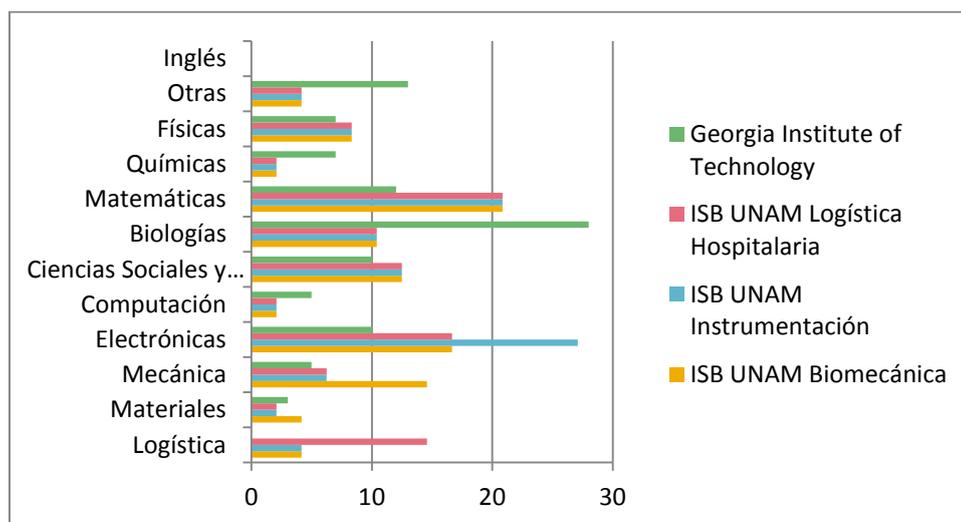


Figura 45. Distribución de asignaturas de la carrera de Ingeniería biomédica del Instituto Tecnológico de Georgia

RENSELAER POLYTECHNIC INSTITUTE

CARRERA: Ingeniería Biomédica

OBJETIVO: La Ingeniería Biomédica en esta institución tiene como objetivo la formación de profesionales en las áreas de imagenología, biocomputación, ingeniería vascular, ingeniería neural e ingeniería músculo esquelética.

El perfil del egresado, está publicado en la página

http://eng.rpi.edu/bmed/index.php?option=com_content&view=article&id=16:research-innovations-and-initiatives&catid=17&Itemid=24#biomolecular_science , consultada el 19 de febrero del 2011, es el siguiente:

Este profesional tiene la finalidad de caracterizar los procesos que tienen lugar en los seres vivos, haciendo posible el diagnóstico clínico. Un área de desarrollo con que cuenta es la síntesis de información, lo que permite incrementar la comprensión de los sistemas vivos, proveyendo nuevas herramientas para el diagnóstico de enfermedades. La distribución de las asignaturas se presenta en las figuras 46 y 47.

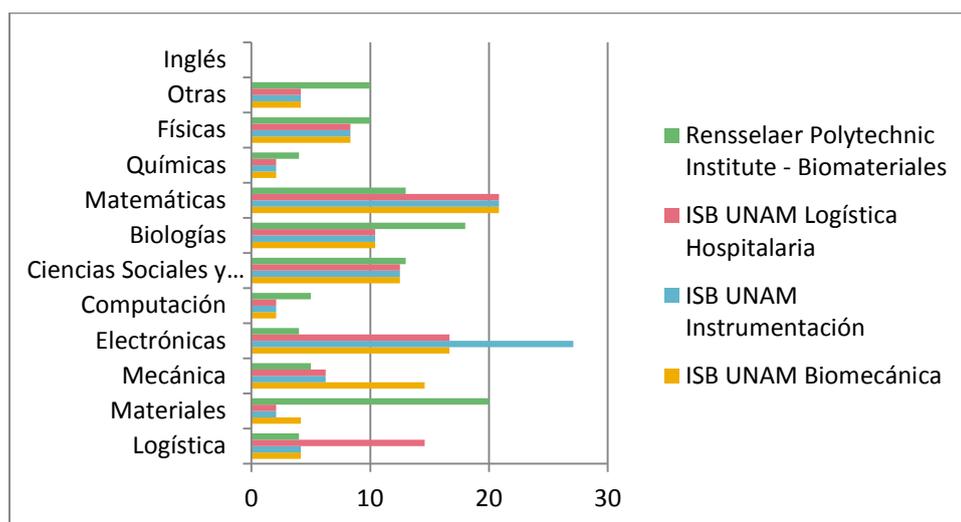


Figura 46. Distribución de asignaturas del Instituto Politécnico de Rensselaer, área Biomateriales

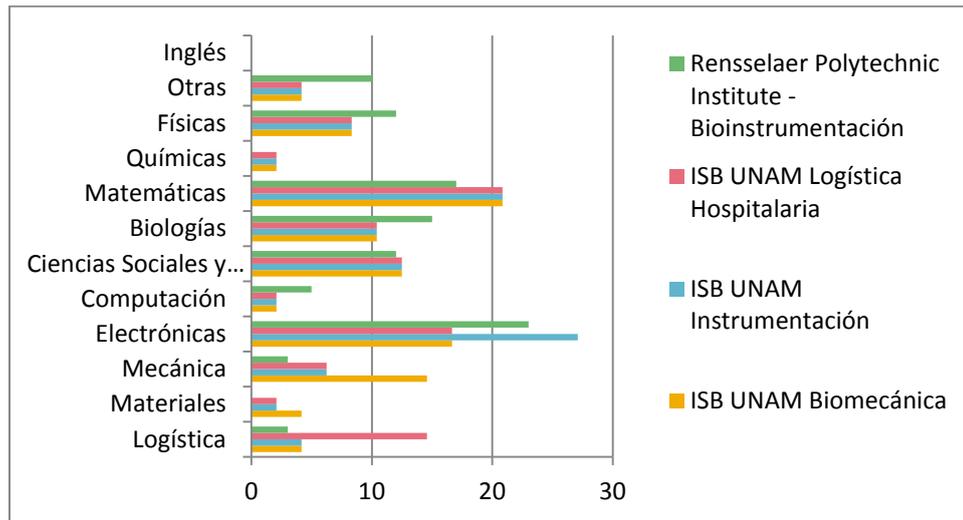


Figura 47. Distribución de asignaturas del Instituto Politécnico de Rensselaer, área Bioinstrumentación

UNIVERSIDADES EUROPEAS

IMPERIAL COLLEGE OF LONDON

CARRERA: Bioingeniería

OBJETIVO: La formación de profesionales con un amplio entendimiento de las ciencias de la salud, fisiología y ciencias exactas; mediante las cuales se encuentra capacitado para el desarrollo de nuevos dispositivos, algoritmos, procesos y sistemas que permitan generar una mejor calidad de vida.

El perfil del egresado, está publicado en la página

<http://www3.imperial.ac.uk/ugprospectus/facultiesanddepartments/bioengineering/bioengcourses>, consultada el 19 de febrero del 2011.

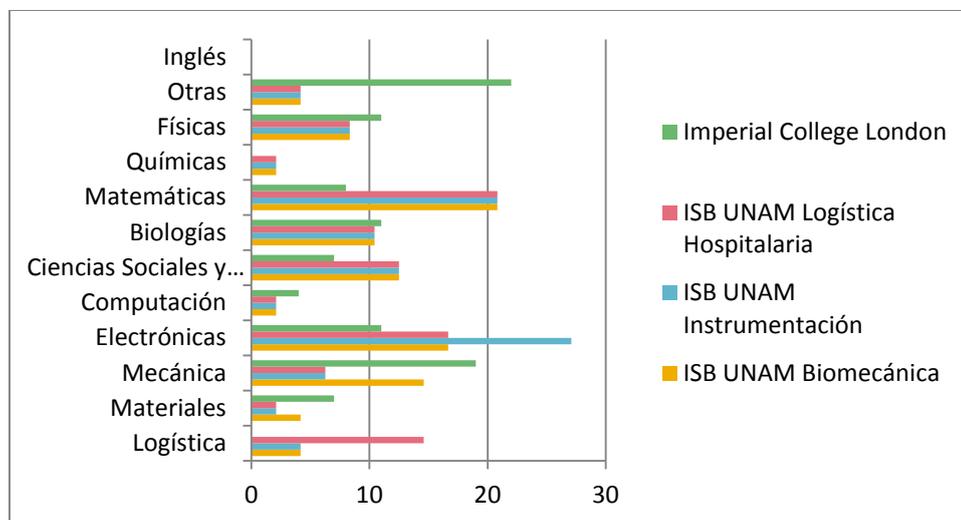


Figura 48 Distribución de las asignaturas de la carrera de Bioingeniería en el Imperial College of London

SHEFFIELD UNIVERSITY

CARERA: Ingeniería Médica

OBJETIVO: Este programa provee al Ingeniero Médico las habilidades necesarias para el desarrollo y entendimiento de los sistemas vivos, este ingeniero se encuentra capacitado para la creación de nuevos dispositivos, instrumentación y software para generar avances en la biología y el cuidado de la salud. En general en el plan de estudios se mencionan como áreas de desarrollo: biomateriales, imagenología, procesamiento de señales, biocomputación y biomecánica.

La Ingeniería Médica tiene tres áreas: Logística, Electrónica y Biomecánica. La distribución de las asignaturas se presenta en las figuras 49, 50 y 55 respectivamente.

El perfil del egresado, está publicado en la página

http://www.shef.ac.uk/materials/prospective_ug/courses/biomedical/moreinfo.html,

consultada el 19 de febrero del 2011.

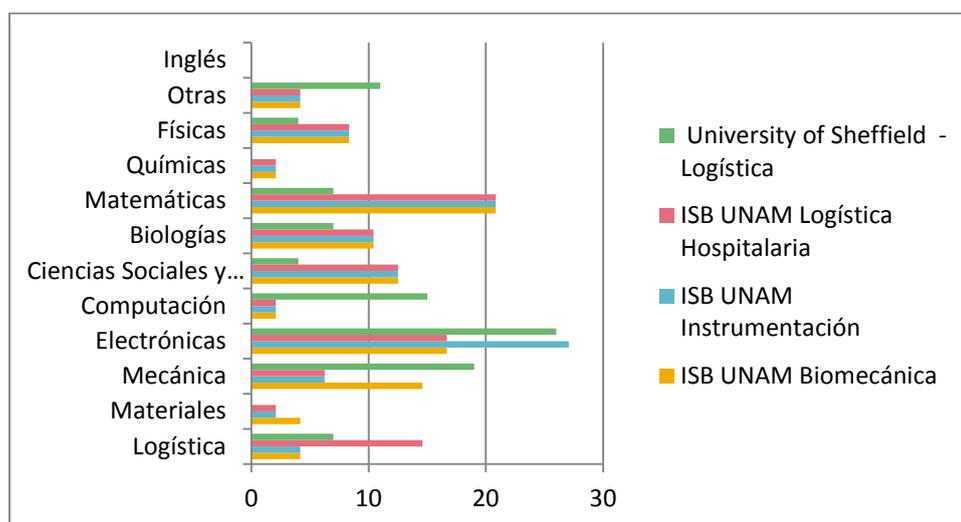


Figura 49. Distribución de asignaturas de la carrera de Ingeniería Médica de la Universidad de Sheffield, área Logística

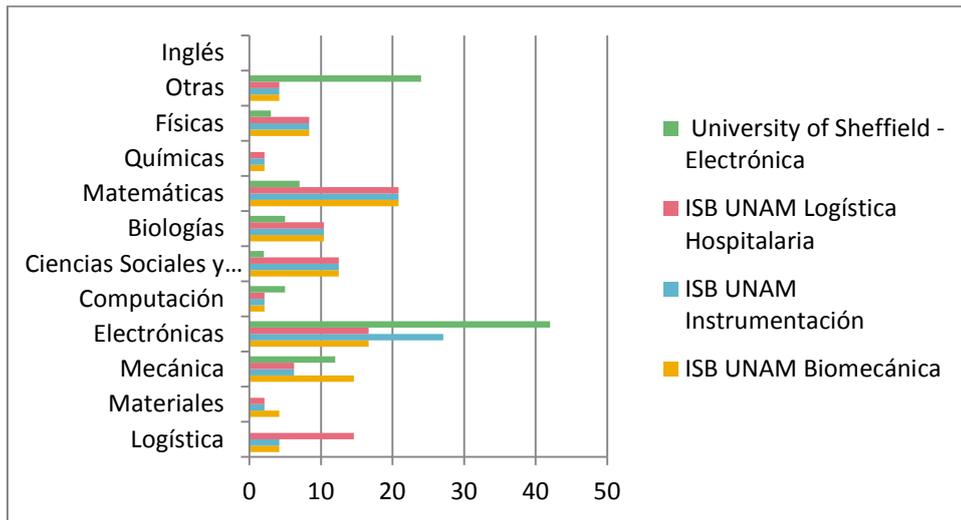


Figura 50 Distribución de asignaturas de la carrera de Ingeniería Médica de la Universidad de Sheffield, área Electrónica.

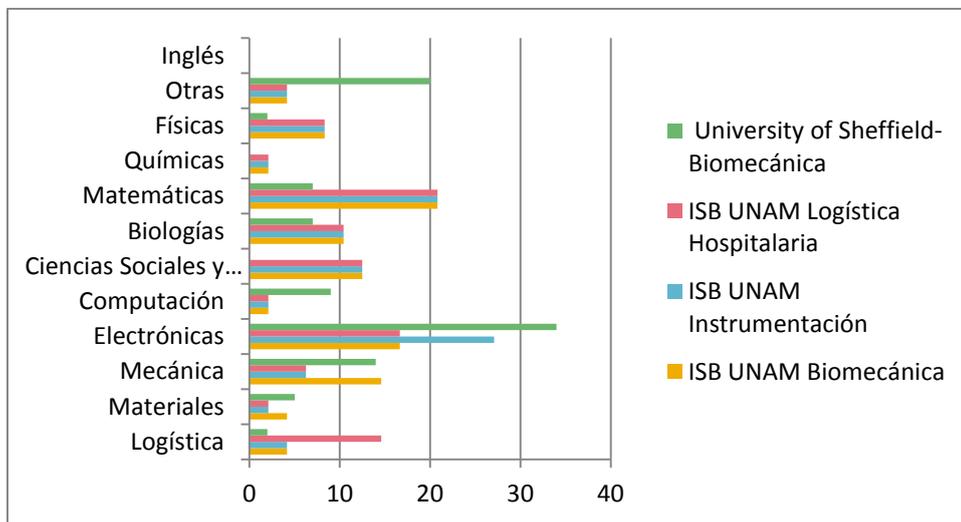


Figura 51. Distribución de asignaturas de la carrera de Ingeniería Médica de la Universidad de Sheffield, área Biomecánica

CARDIFF SCHOOL OF ENGINEERING

CARRERA: Ingeniería Médica

OBJETIVO: El ingeniero médico de esta institución tiene como objetivo la aplicación de la tecnología en el campo médico; cuenta con sólidos principios de ingeniería en adición con los conocimientos del cuerpo humano. Se encuentra capacitado para desarrollarse en las áreas de Diseño, Desarrollo y Mantenimiento de equipo electrónico para aplicaciones médicas. Las asignaturas que destacan en el plan de estudios es la ingeniería de rehabilitación y biomecánica deportiva, la distribución de sus asignaturas se muestra en las figuras 52 y 53.

El perfil del egresado, se encuentra publicado en la página

<http://www.cardiff.ac.uk/engin/degreeprogrammes/undergraduate/medical/index.html>, consultada el 19 de febrero del 2011.

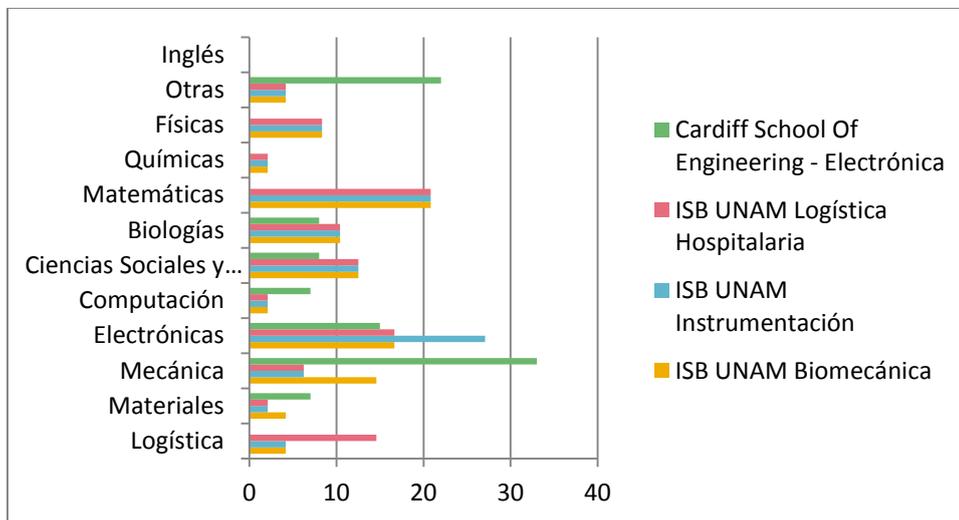


Figura 52. Distribución de asignaturas de la carrera de Ingeniería Médica de la Universidad de Cardiff School of Engineering, área Electrónica

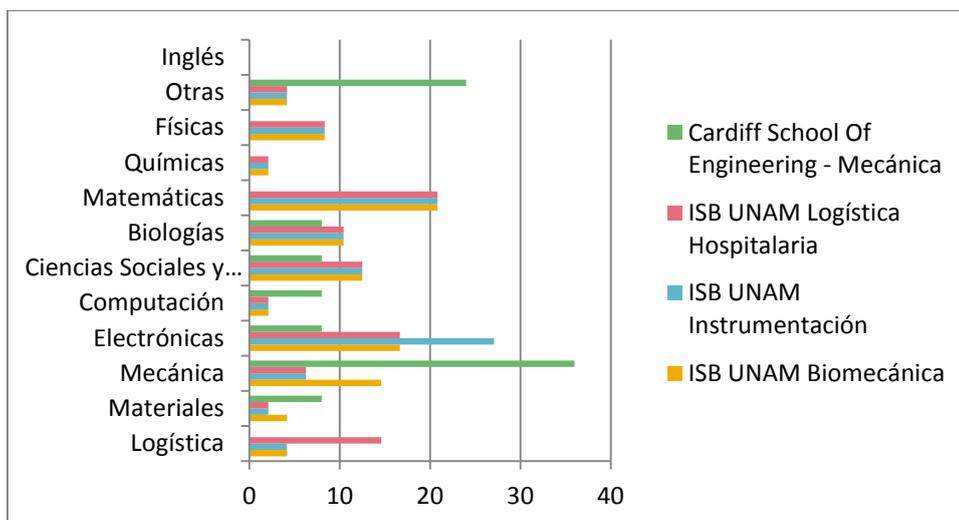


Figura 53. Distribución de asignaturas de la carrera de Ingeniería Médica de la Universidad de Cardiff School of Engineering, área Mecánica

LEEDS UNIVERSITY

CARRERA: Ingeniería Médica.

OBJETIVO: Licenciatura enfocada al desarrollo de tejidos para el cuerpo humano e innovación en herramientas de diagnóstico médico. El plan de estudios cuenta con las áreas de instrumentación y biomecánica, la distribución de las asignaturas se presenta en las figuras 54 y 55, las asignaturas que destacan son liderazgo internacional de las empresas y aerodinámica con mecánica de fluidos computacional.

El perfil del egresado, está publicado en la página

<http://www.engineering.leeds.ac.uk/mechanical/undergraduate/degree-medical-engineering>, consultada el 19 de febrero del 2011.

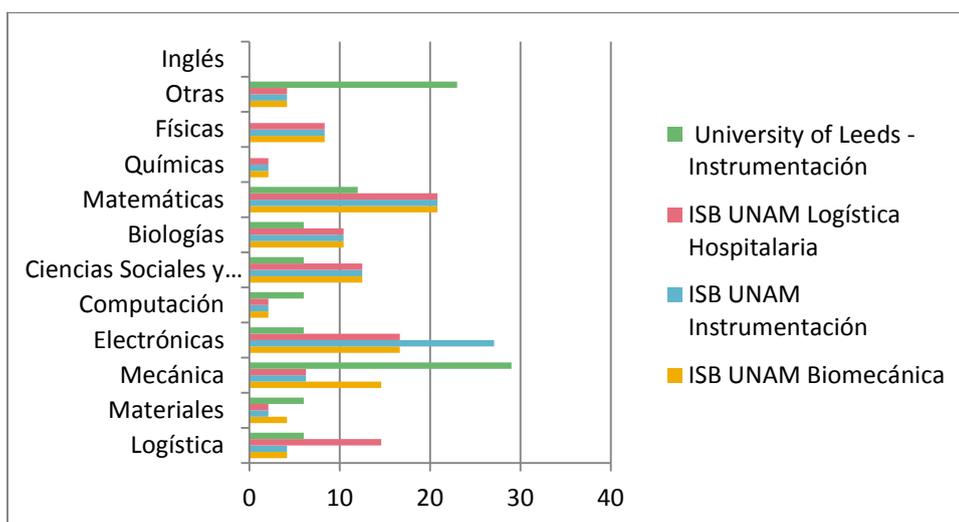


Figura 54. Distribución de asignaturas de la carrera de Ingeniería Médica de la Universidad de Leeds, área Instrumentación

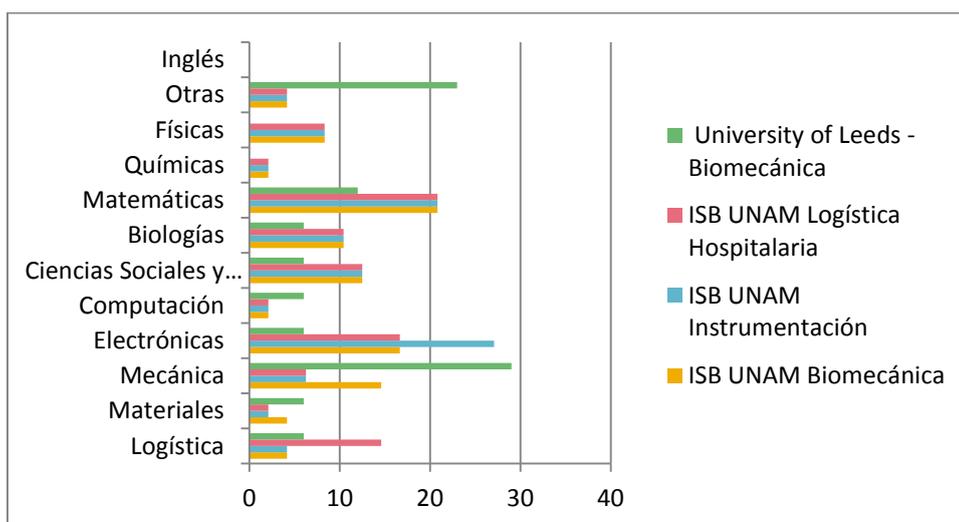


Figura 55. Distribución de asignaturas de la carrera de Ingeniería Médica de la Universidad de Leeds, área Biomecánica

UNIVERSIDADES DE ASIA

CHIBA UNIVERSITY

CARRERA: Ingeniería en Sistemas Médicos

OBJETIVO: Formar ingenieros especializados en la investigación de las señales resultado de los procesos humanos; evaluación de tecnologías médicas; desarrollo de dispositivos médicos y sistemas computacionales, los cuales permitan mejorar la calidad de vida de los pacientes. La distribución de las asignaturas se presenta en la figura 56.

El perfil del egresado, está publicado en la página

<http://www.tms.chiba-u.jp/english/>, consultada el 19 de febrero del 2011.

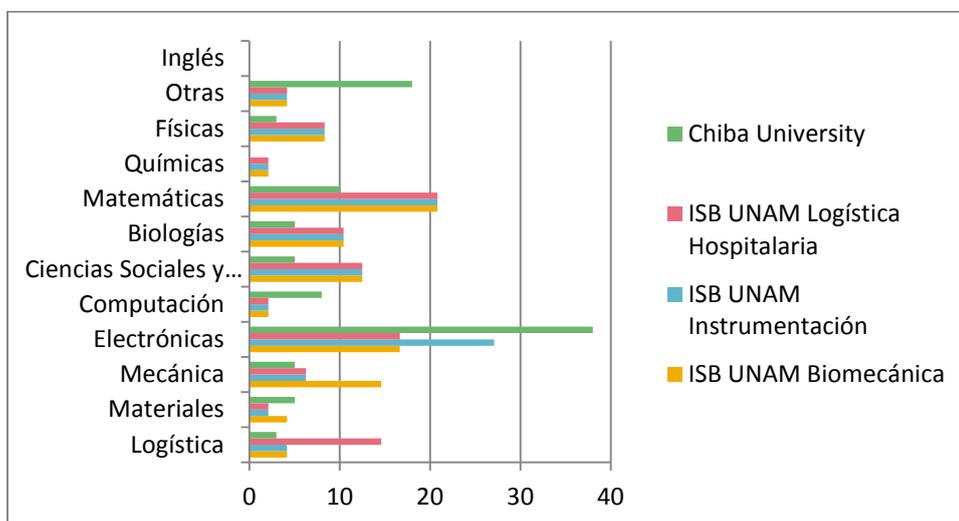


Figura 56. Distribución de asignaturas de la carrera de Ingeniería en Sistemas Médicos de la Universidad de Chiba

UNIVERSIDADES DE OCEANÍA

MURDOCH UNIVERSITY (AUSTRALIA)

CARRERA: Ingeniería Médica

OBJETIVO: Este programa de ingeniería médica se centra principalmente en el desarrollo de habilidades para el desarrollo de diseños, prototipos, pruebas, manufactura y venta de equipo para el área de salud. El programa de estudios se enfatiza en la instrumentación biomédica que combina elementos de medición, control e instrumentación. Por tratarse de un curso interdisciplinario se introducen elementos de las ciencias biomédicas.

El perfil del egresado, está publicado en la página

<http://www.murdoch.edu.au/Courses/Medical-Engineering/>, consultada el 19 de febrero del 2011, es el siguiente:

Los egresados son capaces de aplicar los conocimientos de la ingeniería a los procesos biológicos, con la finalidad de analizar y resolver problemas del área médica. La distribución de las asignaturas se muestra en la siguiente figura.

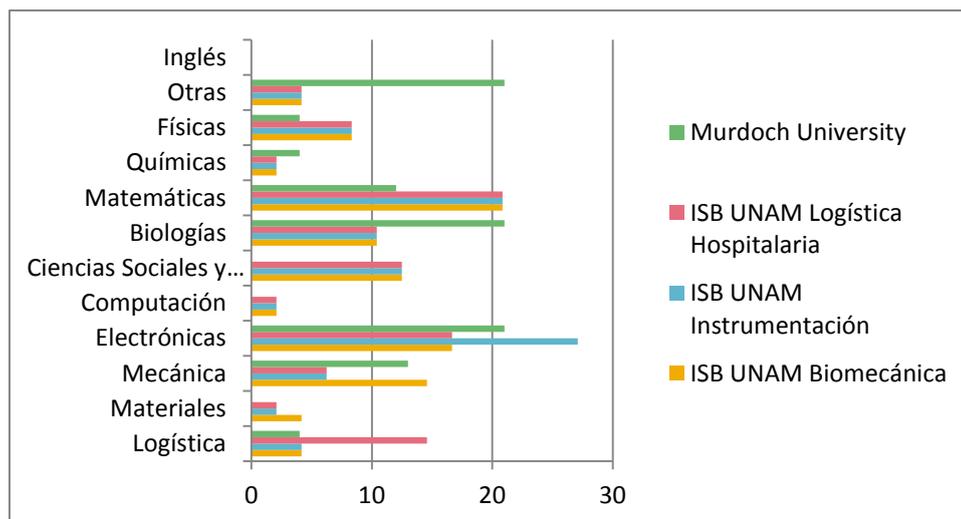


Figura 57. Distribución de asignaturas de la carrera de Ingeniería Médica de la Universidad de Murdoch

UNIVERSIDADES DE HABLA HISPANA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ENTRE RÍOS (ARGENTINA)

CARRERA: Bioingeniería

OBJETIVO: Diseño y producción de dispositivos para la salud tal como equipamiento, material, artículo o sistema de uso o aplicación médica, odontológica o laboratorial, incluidos los programas informáticos que intervengan en su buen funcionamiento destinados a la prevención, diagnóstico, tratamiento, rehabilitación, investigación, sustitución o modificación de la anatomía o de un proceso fisiológico o regulación de la concepción y que no utiliza medio farmacológico, inmunológico o metabólico, siendo auxiliado en su función, por tales medios, en el área de la salud humana y animal, así como participar en la elaboración de normas de seguridad para dichos productos.

El perfil del egresado, publicado en la página

http://www.bioingenieria.edu.ar/extension/la_facultad/carreras/incumbioing08.htm, consultada el 19 de febrero del 2011, es el siguiente:

El egresado tendrá la capacidad de asesorar técnicamente en la comercialización de estos productos:

- Diseño, verificación y mantenimiento de las instalaciones hospitalarias.
- Diseño de algoritmos e implementación de programas para adquirir, procesar, transmitir y / o analizar señales e imágenes médicas.
- Participación, elaboración, verificación y certificación de normas vinculadas con los requisitos esenciales de seguridad y eficacia de productos médicos. Dirección de las organizaciones dedicadas al diseño, producción y prestación de servicios en el ámbito de la salud.
- Realización, dirección y participación en programas de investigación básica, clínica y aplicada vinculada al diseño y desarrollo de productos médicos en el área de la salud humana y animal, atendiendo a los nuevos conocimientos y las nuevas tecnologías.
- Asesoramiento en la selección, adquisición, mantenimiento y uso de productos médicos en centros de salud humana y animal.
- Asesoramiento en las temáticas referidas a higiene, seguridad en el trabajo y contaminación ambiental en el ámbito de su competencia.

El plan de estudios presenta la distribución de las asignaturas como se muestra en las figuras 58, 59, 60 y 61, de acuerdo a su área terminal.

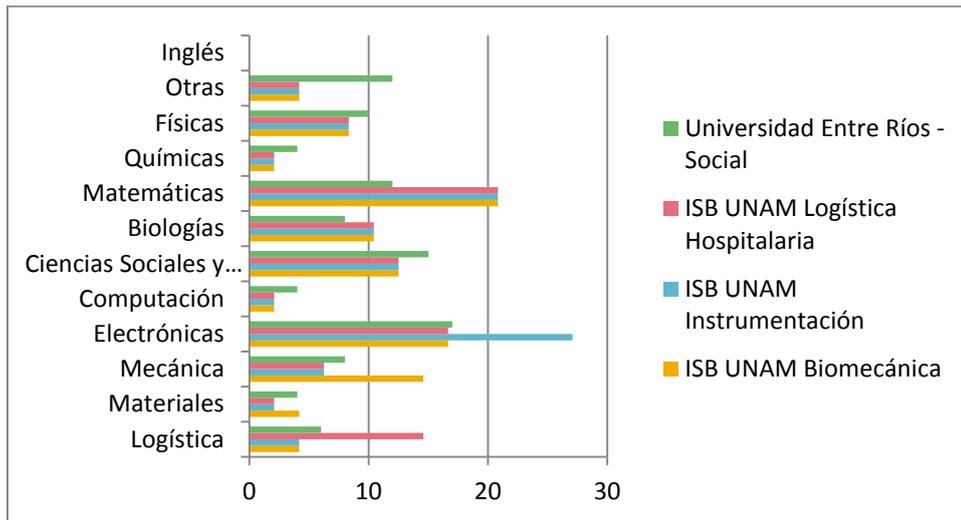


Figura 58. Distribución de asignaturas de la Universidad entre Ríos, área Socio- Humanística

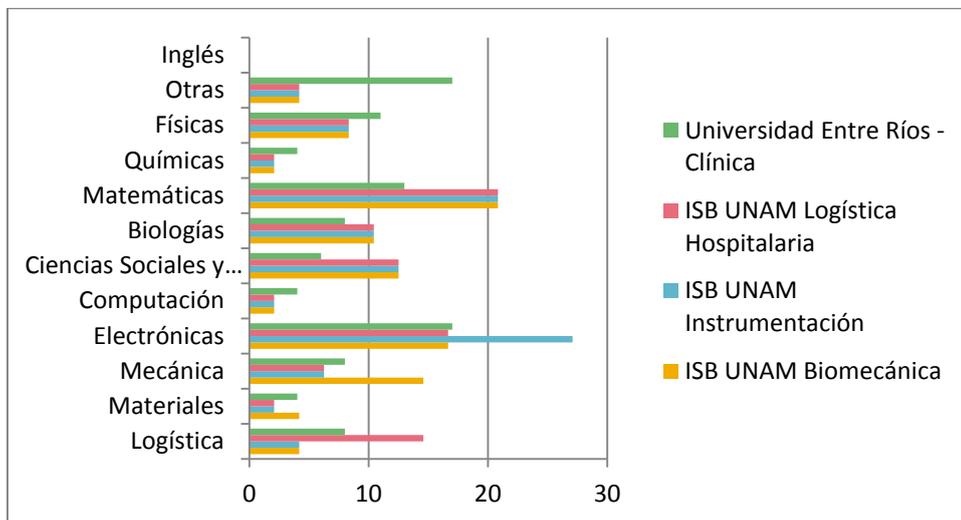


Figura 59. Distribución de asignaturas de la Universidad Entre Ríos, área Clínica

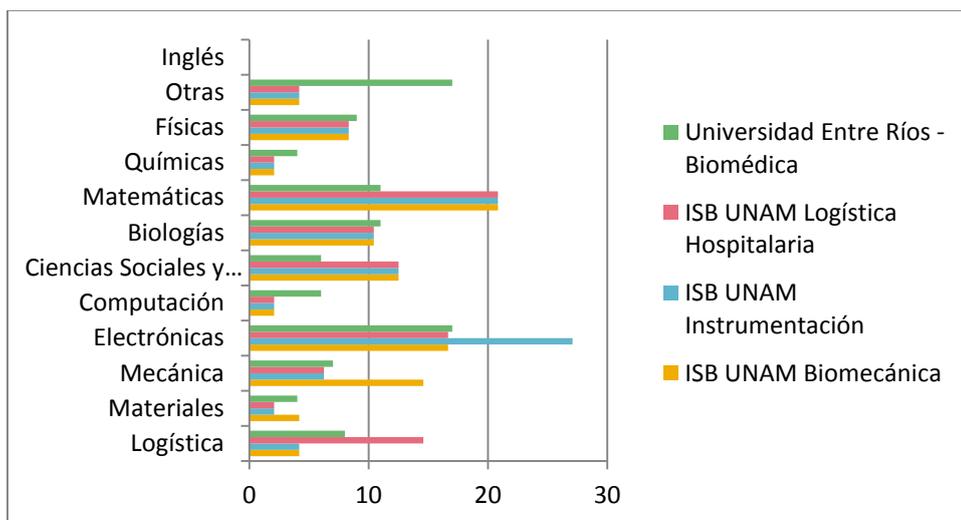


Figura 60. Distribución de asignaturas de la Universidad Entre Ríos, área Biomédica

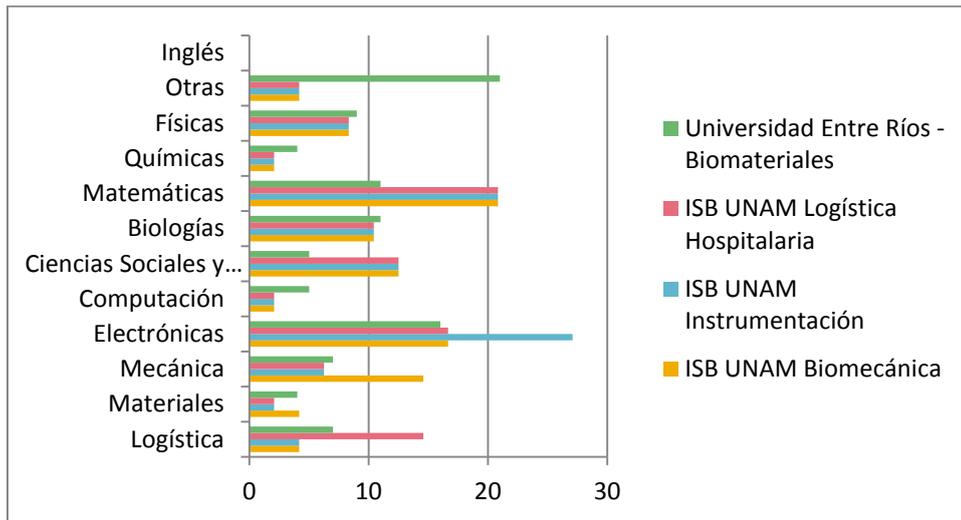


Figura 61. Distribución de asignaturas de la Universidad Entre Ríos, área biomateriales

UNIVERSIDAD FAVAROLO (ARGENTINA)

CARRERA: Ingeniería Biomédica

OBJETIVO: Generar profesionales con habilidades en Diseño, Construcción y evaluación de Dispositivos para Diagnóstico, Tratamiento Médico y Reemplazo artificial de órganos vitales; gestión de proyectos en áreas de la salud; planificación y puesta en marcha de tecnologías en ámbitos hospitalarios.

El perfil del egresado, está publicado en la página

<http://www.favaloro.edu.ar/?inc=facplanes&Botonera=gra&IDFacultades=2&NroPlanes=2>
consultada el 19 de febrero del 2011

El egresado puede realizar actividades tales como peritajes, verificación de normas de seguridad y entrenamiento de personal médico en hospitales. La distribución de las asignaturas se presenta en la siguiente figura.

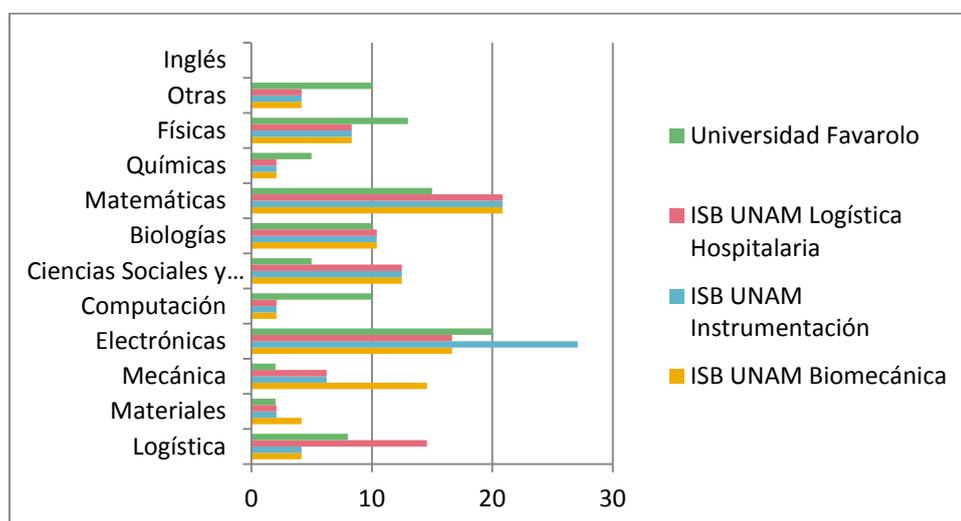


Figura 62. Distribución de las asignaturas de la carrera de Ingeniería Biomédica de la Universidad Favaloro, Argentina

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA (COLOMBIA)

CARRERA: Bioingeniería

OBJETIVO: Formar profesionales con ética, responsabilidad social y ambiental, que desempeñen tareas como el diseño y optimización de sistemas de control en instrumentación bioelectrónica y biomecánica, diseño de equipos electromédicos y biomecánicos, estudiar y analizar el comportamiento de biomateriales en el cuerpo humano entre otras.

El perfil del egresado, publicado en la página

http://ingenieria.udea.edu.co/programas/bioingenieria/index/index.php?page=juan_pavon, consultada el 19 de febrero del 2011, es el siguiente:

El egresado se encuentra capacitado para realizar actividades como la aplicación de normas técnicas de calidad, realizar gestión administrativa de la tecnología hospitalaria, ejercer acciones de asesoría e inventaría de sistemas. En conclusión este profesional se encuentra capacitado para incursionar en las áreas de biomecánica, bioinstrumentación y logística hospitalaria. La distribución de las asignaturas se presenta en la siguiente figura.

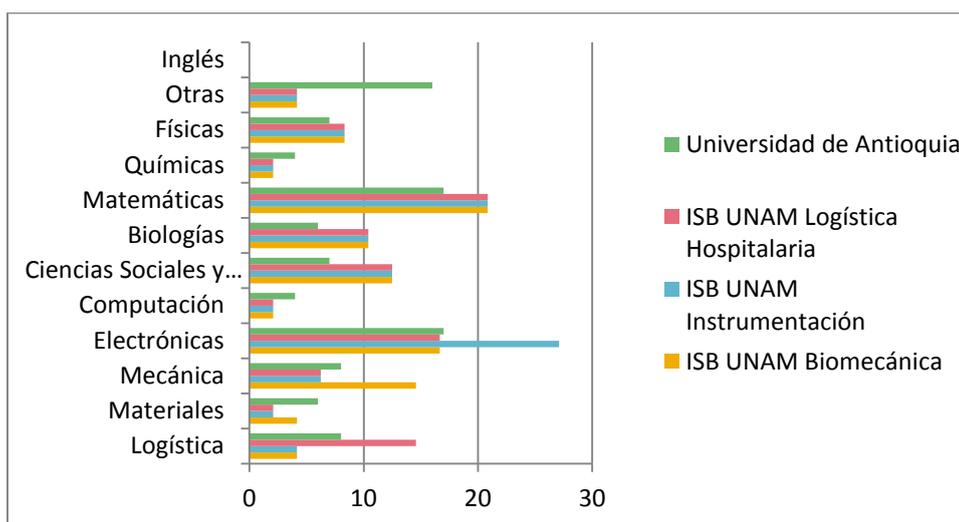


Figura 63. Distribución de las asignaturas de la carrera de Bioingeniería de la Universidad de Antioquia

ANEXO A.V

A continuación se presenta en la tabla la comparación de las horas solicitadas por CACEI y las horas propuestas por la Carrera de Ingeniería en Sistemas Biomédicos.

DISTRIBUCIÓN DE HORAS POR ÁREAS DE CONOCIMIENTO	CACEI (HORAS)	ISB (HORAS)	DIFERENCIA
Ciencias básicas y matemática	800	1088	288
Ciencias de la ingeniería e ingeniería aplicada	1300	1696	396
Específicas de sistemas biomédicos	-	640	640
Ciencias sociales y humanidades	300	320	20
Otros cursos	200	192	-8
TOTAL	2600	3936	1336

GLOSARIO

Biomedicina. s., (adj., Biomédico)

Es la medicina clínica basada en principios de la fisiología y ciencias naturales tales como la biología y la química [32].

Biomecánica

La biomecánica es la aplicación de los principios mecánicos a los organismos vivos. Este campo de investigación y análisis puede ser llevado a varios niveles, desde el molecular, (biomateriales como el colágeno y la elastina) hasta tejidos y órganos. Algunas aplicaciones simples de la mecánica newtoniana puede suministrar aproximaciones correctas en cada nivel, pero los detalles precisos demandan el uso de la mecánica de medio continuo [17].

Yuan-Cheng Fung, considerado como el padre de la biomecánica, establece que es una disciplina con su propio enfoque y metodología. De acuerdo a Fung existen cuatro prerrequisitos básicos para la solución de cualquier problema en biomecánica 1) la geometría del sistema, 2) los materiales del sistema y sus propiedades mecánicas, 3) las leyes básicas que gobiernan al sistema, y 4) las condiciones de frontera. El primero lleva a estudios anatómicos, morfológicos e histológicos. El segundo lleva al estudio de ecuaciones constitutivas y químicas. El tercero es un asunto filosófico que depende de los postulados involucrados. Lo ideal es minimizar el número de postulados y conservar los principios más básicos, por ejemplo, las leyes de Newton, principios de conservación de energía, masa y momento, leyes de la termodinámica. El cuarto requerimiento depende del problema por solucionar [20].

La **biomecánica** es la ciencia que estudia el comportamiento mecánico del cuerpo humano y su relación con los entornos y productos con los que interactúa para adaptarlos al uso y garantizar la seguridad del usuario, recuperar su salud, mejorar su autonomía e incrementar su bienestar y rendimiento durante el desarrollo de actividades. [22].

Ingeniería Biomédica

Es el campo de estudio que utiliza técnicas de ingeniería para mejorar la salud y el bienestar de los seres humanos [5].

Los ingenieros biomédicos aplican principios de ingeniería y tecnología de materiales a la asistencia sanitaria. Esto puede incluir investigación, diseño y desarrollo de productos biomédicos, tales como reemplazos de articulaciones o de los instrumentos quirúrgicos robóticos. Diseñar o modificar el equipo para los clientes con necesidades especiales en un ambiente de rehabilitación, o la gestión de la utilización de los equipos clínicos en los hospitales y la comunidad.

Los ingenieros biomédicos pueden ser empleados por los servicios de salud, los fabricantes de equipos biomédicos y los departamentos e institutos de investigación [0].

Ingeniería Clínica

La ingeniería clínica es una especialidad de la Ingeniería Biomédica que se desarrolla dentro de las instituciones de salud, mediante la gestión tecnológica, definida como la suma de procedimientos de ingeniería y gerencia para asegurar el uso óptimo de la tecnología médica, contribuyendo así a la seguridad del paciente en el medio hospitalario [28].

El Colegio Americano de Ingeniería Clínica (American College of Clinical Engineering) define a un ingeniero clínico a aquel profesional que aplica sus conocimientos en ingeniería y de administración a la tecnología para el cuidado de la salud [12].

Es un ingeniero con educación en ciencias de la salud comprometido en la aplicación de conocimientos científico y tecnológico en las actividades clínicas en ambientes del cuidado de la salud [7].

Bioinstrumentación

Son las técnicas y principios de instrumentación para la medición de factores biológicos, físicos y fisiológicos en el humano u otros organismos vivos [13].

Rehabilitación

Proceso o resultado de volver a la normalidad y autonomía personales. De acuerdo a la Organización de Naciones Unidas es un proceso de duración limitada y con un objetivo definido, encaminado a permitir que una persona con deficiencia alcance un nivel físico, mental y/o social funcional óptimo, proporcionándole así los medios de modificar su propia vida. Puede comprender medidas encaminadas a compensar la pérdida de una función o una limitación funcional (por ejemplo, ayudas técnicas) y otras medidas encaminadas a facilitar ajustes o reajustes sociales [25].

Salud

Según Hipócrates (400 a.C.), la salud es un estado dado por la naturaleza, la cual no emplea elementos extraños, sino cierta armonía entre el espíritu de la fuerza vital y la elaboración de los seres humanos.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) en 1946 definió a la salud como el completo estado de bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones, enfermedades o falta de fuerza.

Barquín en el 2004 definió a la salud como la integridad o el bienestar del individuo, implicando con ello que una persona saludable debe de estar ajustada totalmente a sí misma y al medio que lo rodea.

Tecnología de Asistencia (Assistive Technology)

De acuerdo con un documento de la ley en los Estados Unidos de América titulado "Asistencia relacionada a la tecnología para individuos con discapacidades" (*Technology-related Assistance for Individuals with Disabilities*) [43], un dispositivo de asistencia tecnológica es "cualquier objeto, equipo o producto, que sea empleado para incrementar, mantener o mejorar las capacidades de individuos con discapacidades" mientras que la

tecnología de asistencia está definida como cualquier servicio que directamente ayude a un individuo con discapacidad a seleccionar, adquirir, o usar un dispositivo de asistencia tecnológica. De acuerdo a este documento el servicio incluirá:

1. Evaluar las necesidades de la persona.
2. Seleccionar, diseñar, adecuar, personalizar, adaptar, aplicar, mantener, reparar o reemplazar dispositivos de asistencia.
3. Coordinar y usar otras terapias, intervenciones o servicios
4. Capacitar o proveer asistencia técnica a un individuo con discapacidad
5. Capacitar o proveer asistencia técnica a profesionales, empleados u otros individuos que proporcionarán servicio a personas discapacitadas.

Tecnovigilancia (Secretaría de Salud)

Es el garantizar que los dispositivos médicos que se encuentran disponibles en el mercado funcionen de la manera indicada conforme a la intención de uso del fabricante (indicada en la autorización sanitaria correspondiente emitida por la Secretaría de Salud) y en caso contrario se tomen las acciones correspondientes para corregir y/o disminuir la probabilidad de recurrencia de los incidentes adversos, con lo cual se busca mejorar la protección de la salud y seguridad de los usuarios de dispositivos médicos

Tecnología Sanitaria o tecnología para la salud (Organización Mundial de la Salud)

Es la aplicación de conocimientos teóricos y prácticos estructurados en forma de dispositivos, medicamentos, vacunas, procedimientos y sistemas elaborados para resolver problemas sanitarios y mejorar la calidad de vida.

Discapacitado

La Organización Mundial de Personas con Discapacidad (*The Disabled People's International, DPI*) define la incapacidad como la pérdida o limitación para que una persona tenga una vida normal en la comunidad debido a barreras físicas o sociales [11].

Prótesis

Un sustituto artificial o la sustitución de una parte del cuerpo, como un diente, ojo, un hueso de la cara, el paladar, una válvula cardíaca, rodilla o miembro como la pierna o brazo. Una prótesis está diseñada para mejorar o reemplazar por razones funcionales, cosméticas o ambas [5].

Órtesis

Aparato o aparatos ortopédicos diseñados y utilizados para apoyar, alinear, prevenir, compensar o corregir deformidades en hueso o fuerzas deformantes o fuerzas ausentes en el cuerpo, para mejorar la función de las partes móviles [26].