



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

“LA INGENIERÍA BIOMÉDICA EN MÉXICO:
ANÁLISIS GENERAL, CRECIMIENTO Y
PROYECCIÓN A FUTURO.”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO

P R E S E N T A :

FELIPE DE JESÚS GUERRERO MAYORGA.

FÉLIX VELASCO CÁRDENAS.

DIRECTOR DE TESIS: M.I. NORMA ELVA CHÁVEZ RODRÍGUEZ



2009

AGRADECIMIENTOS.

Especialmente quiero agradecer en primera instancia a mis padres: Felipe Guerrero y Argentina Mayorga que sin su apoyo moral, apoyo económico, cariño y paciencia no hubiera sido posible dar este gran paso, ellos me enseñaron a ser un hombre de bien, me mostraron que siempre hay alternativas, me inculcaron el tener paciencia, el valor de la justicia y sobre todo a luchar por las personas que uno aprecia; a mi abuelita Eleuteria Núñez por su sabiduría y por el gran cariño que nos tiene a sus nietos; a mis hermanos Israel, Rodrigo, David e Idalia, de igual manera, agradezco su compañía, apoyo y comprensión, gracias.

Una mención especial es para mi tía Cristina Mayorga; que es mi ejemplo más grande de superación y cariño, que me ha influenciado a seguir mis metas en la vida; gracias por ayudarme cuando más lo necesitaba Tía. A mi prima María Cristina Mayorga y a su hermosa hija Lorena, a todos mis primos y primas, tíos y tías de ambas familias: Guerrero y Mayorga por ser parte de esta gran familia, gracias.

A mis amigos: Carlos Alberto, Andrés, Juan, Enrique Javier, José Iván, Beatriz, Nohemí, Lizette, Raquel, Mario Alberto y Carlos Raúl por hacer que la vida académica en la Facultad de Ingeniería fuera más agradable.

A Carlos Rafael, no tengo las palabras para agradecer el grandísimo apoyo que hizo que la vida me cambiara por completo; amigo, infinitas gracias. Incluyo a mi primo Juan Antonio Guerrero que fue gran parte de esto también.

A mi asesora de tesis M.I. Norma Elva Chávez agradezco su paciencia, conocimientos y apoyo para la realización de este trabajo de tesis. Al presidente de la mesa el M.I. Luis Arturo Haro, el Dr. Jorge Valeriano Assem, la Dra. Ana María Vargas y al Dr. Pablo Pérez Alcázar agradezco el tiempo que tomaron para la revisión de esta tesis.

Por último y no por eso menos importante, quiero recordar a mi abuelita Remigia Martínez quien fue una gran mujer, una gran madre y una gran abuela, ella fue quien me dijo que la única herencia que mis padres me pudieran dejar es, el haberme otorgado estudios; donde quiera que estés te dedico este trabajo con toda la admiración y cariño del mundo.

Con cariño y respeto: Felipe de Jesús Guerrero Mayorga.

2009

Facultad de Ingeniería, UNAM.

[ÍNDICE.]

PRÓLOGO.....	1
--------------	---

1

CAPÍTULO I: TENDENCIA HISTÓRICA DE LA INGENIERÍA BIOMÉDICA EN MÉXICO	2
1.1 Introducción.....	3
1.2 Antecedentes.....	5
1.2.1 LA INGENIERIA BIOMEDICA EN MEXICO.....	7
1.2.2 Problemas tecnológicos en México.....	8
1.2.3 Ingeniería Biomédica Mexicana en términos académicos.....	8
1.3 La Ingeniería Biomédica en el Sector Salud Nacional.....	9
1.3.1 Ingeniería Biomédica en hospitales.....	9
1.3.2 Resumen.....	11
1.4 La Ingeniería Biomédica en las Universidades.....	13
1.4.1 El Objetivo de la Ingeniería Biomédica en la Universidad.....	14
1.4.2 La enseñanza de la Ingeniería Biomédica.....	14

2

CAPÍTULO II: PANORAMA ACTUAL DE LA INGENIERÍA BIOMÉDICA EN MÉXICO.....	17
2.1 Presencia actual de la Ingeniería Biomédica en México.....	18
2.1.1 Situación actual.....	18
2.1.2 Las tecnologías para la salud y la innovación.....	22
2.1.3 Los programa de acción específicos en tecnologías para la salud.....	22
2.1.4 Evaluación de Tecnologías para la Salud.....	24
2.1.5 GESTIÓN DE EQUIPO MÉDICO.....	27
2.2 Áreas imprescindibles de la Ingeniería Biomédica en la actualidad.....	28
2.3 Tendencia académica de la Ingeniería Biomédica en algunas Instituciones del País.....	32
2.3.1 Desarrollo de la tecnología de equipo biomédico en México.....	32
2.3.2 Impulso académico al campo de la Ingeniería Biomédica.....	33
2.3.2.1 La Universidad Autónoma Metropolitana.....	33
2.3.2.2 La Universidad Iberoamericana.....	34
2.3.2.3 El Instituto Politécnico Nacional.....	36
2.3.2.4 El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).....	36
2.3.2.5 El Instituto Nacional de Rehabilitación (INR).....	37
2.4 La ingeniería Biomédica desde la perspectiva de la UNAM y sus proyectos.....	39

3

CAPÍTULO III: COMPARATIVA DEL MÓDULO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA EN LA UNAM CON OTRAS INSTITUCIONES... 43	
3.1 Introducción.....	44
3.2 Concepto de un Plan de estudios.....	45

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

3.3 Objetivo de un plan de estudios.....	45
3.4 Clasificación de Asignaturas.....	46
3.5 Sistema de créditos académicos.....	48
3.6 Objetivos y características de las carreras seleccionadas para las comparativas a realizar.....	50
3.6.1 La licenciatura en Ingeniería biomédica en la Universidad Iberoamericana.....	50
3.6.2 La licenciatura en Ingeniería Biomédica en la Universidad Autónoma Metropolitana.....	51
3.6.3 La licenciatura en Ingeniería Biomédica en el Instituto Politécnico Nacional.....	52
3.6.4 Objetivos y características de las carreras de la Facultad de Ingeniería que ofrecen el módulo de Ingeniería Biomédica.....	52
3.7 Objetivo del módulo en Ingeniería Biomédica de la Facultad de Ingeniería.....	55
3.8 Comparación de los planes de estudio.....	56
3.8.1 Sobre los objetivos de las carreras.....	56
3.8.2 Comparación de los módulos de Ingeniería Biomédica impartidos en las carreras Ingeniería Eléctrica Electrónica, Ingeniería en Computación e Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería.....	57
3.8.3 Comparación de la UNAM con otras instituciones.....	60
3.8.4 Comparación del módulo de Ingeniería Biomédica en la Facultad de Ingeniería con los planes de estudio de algunas universidades.....	62
3.8.4.1 Materias en común (UNAM, UIA, IPN y UAM).....	62
3.8.4.2 Comparativa plan de estudios UAM con Módulo terminal Facultad de Ingeniería.....	63
3.8.4.3 Comparativa plan de estudios UIA con Módulo terminal Facultad de Ingeniería.....	64
3.8.4.4 Comparativa plan de estudios IPN con el Módulo terminal Facultad de Ingeniería.....	65

4

CAPÍTULO IV: RESULTADOS DE LA COMPARATIVA.....	66
4.1 Introducción.....	67
4.2. Resultado de la comparativa del módulo con otras instituciones.....	68
4.3 Resultado de la comparativa entre los módulos.....	69
4.3.1 Comparativa en relación al módulo de Ingeniería Biomédica en la carrera de Ingeniería Mecánica.....	69
4.3.2 Comparativa en relación al módulo de Ingeniería Biomédica para las carreras de Ingeniería Eléctrica Electrónica e Ingeniería en Computación.....	69
4.4 Asignaturas viables y posibles oportunidades de crecimiento del módulo de Ingeniería Biomédica.....	70
4.4.1 La asignatura de Logística y Administración Hospitalaria en el módulo.....	70
4.4.2 Una asignatura sobre MEMS.....	71
4.5 La orientación del módulo.....	71
4.5.1 La orientación en función de las Líneas de Investigación de la UNAM.....	72
4.5.2 La orientación hacia un posgrado.....	73
4.5.3 La orientación en función de la demanda laboral.....	74

5

CONCLUSIONES.....	73
-------------------	----

Anexo I

ANEXO I: PLANES DE ESTUDIO DE LA CARRERA DE IB QUE IMPARTEN ALGUNAS UNIVERSIDADES DEL ÁREA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO.	79
TABLA No. 1: Plan de Estudios de la carrera Ingeniería Biomédica que se imparte en la UAM, plantel Iztapalapa.	80
TABLA No. 2: Plan de Estudios de la carrera Ingeniería Biomédica que se imparte en la UIA, plantel Santa Fe.....	82
TABLA No. 3: Plan de Estudios de la carrera Ingeniería Biomédica que se imparte en la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, del IPN.	84
TABLA No. 4: Planes de estudio de las carreras de Ingeniería Eléctrica Electrónica, Ingeniería en Computación e Ingeniería Mecánica de la UNAM, Campus CU.....	86

Anexo II

ANEXO II: AGRUPACIÓN DE ASIGNATURAS DEL MÓDULO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA.....	90
1. Agrupación de asignaturas.	91
TABLA No. 1: Categoría 1: Asignaturas de Fisiología.	91
TABLA No 2: Categoría 2: Asignaturas de Ingeniería Clínica	92
TABLA No 3: Categoría 3: Asignaturas de Instrumentación Médica	93
TABLA NO. 4: Categoría 4: Asignaturas de Imagenología y Procesamiento de Señales e Imágenes.	93
TABLA No. 5: Categoría 5: Asignaturas de Rehabilitación.	94
TABLA No. 6: Categoría 6: Asignaturas de Biometales.	94
TABLA No. 7: Categoría 7: Asignaturas de Audiometría.	94
2. Resultados generales de la agrupación por asignaturas.....	95
TABLA No. 8: Número de créditos por categoría y su porcentaje respecto a créditos totales	95

B

BIBLIOGRAFÍA.....	96
-------------------	----

2009

Facultad de Ingeniería, UNAM.

[PRÓLOGO.]

Históricamente la medicina y la ingeniería han trazado caminos bastante alejados entre ellos, no es si no hasta la era tecnológica que se manifiesta cierta dependencia de la medicina hacia los diagnósticos por medio de equipo electrónico médico, y por lo tanto, una administración dedicada a este tipo de equipo electrónico. Aunque el mérito radica en la organización de las 2 áreas, siempre existe una amplia gama de aplicaciones, tanto como pueden ser las distintas áreas de la medicina; por tanto se podría entender una justificación histórica desde el comienzo de la conjunción de ambas áreas.

La exposición de motivos de este trabajo se basa en la necesidad de conocer el pasado inmediato de la Ingeniería Biomédica en México, que llevará a un análisis profesional de la situación académica y social de las principales instituciones académicas promotoras de la Ingeniería Biomédica; que aunque en nuestro país se instauró esta ingeniería hace ya más de 30 años no se tienen reseñas del avance que se ha tenido en el ámbito académico, laboral y social, mención aparte tienen organizaciones como la Sociedad Mexicana de Ingeniería Biomédica (SOMIB) y el Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud (CENETEC) que se han dedicado a elaborar boletines y recabar información respecto a los avances en Ingeniería clínica, telesalud, telediagnóstico y administración de hospitales.

Actualmente se tiene una demanda laboral considerable con respecto a la Ingeniería Clínica, es por eso que universidades como la UAM y la Universidad Iberoamericana enfocan su plan de estudios a tal demanda; la UNAM tiene el módulo de Ingeniería Biomédica que, a diferencia de las universidades antes mencionadas, va más enfocada al diseño, implementación y la investigación; es por eso que en este trabajo se justifica basado en la comparación de planes de estudio la fundamentación de una carrera como tal o en su caso un posgrado que continúe la preparación dada en el módulo terminal de las carreras de Ingeniería Eléctrica-Electrónica, Ingeniería en Computación e Ingeniería Mecánica.

Así pues, se presente este trabajo que parte de un motivo que es el análisis y una proyección a futuro de la carrera de Ingeniería Biomédica en la Facultad de Ingeniería de la UNAM, considerando la infraestructura y la planta académica.

2009

Facultad de Ingeniería, UNAM.

[CAPÍTULO I: TENDENCIA HISTÓRICA DE LA INGENIERÍA BIOMÉDICA EN MÉXICO.]

1.1.- Introducción. 2.2.-Antecedentes .2.3.- Impacto en el sector salud público y privado.
1.4.- Impacto en el sector académico.

1.1 Introducción.

Considerando que en la actualidad, en el mundo globalizado, se requiere de una amplia visión de las nuevas tecnologías para el desarrollo humano, es imprescindible conocer el pasado inmediato de algunos sucesos; con el fin de seguir la tendencia tecnológica que se ha estado gestando en un cierto lapso de tiempo.

En el caso de este proyecto de tesis se pretende analizar la situación general de la Ingeniería Biomédica en México, un amplio análisis desde la perspectiva de la UNAM y de cómo esta ha aportado al crecimiento de la Ingeniería Biomédica (sector salud, sector académico, sector social, sector industrial y sector económico); abarcando nuestro margen a los inicios e introducción de la tecnología en el campo médico y de la enseñanza en las universidades pioneras de esta disciplina de este país.

Sabiendo que en el presente la Ingeniería Biomédica ha abarcado bastante en el campo laboral y académico se puede notar que no existe una visión del pasado y proyección a futuro sobre el tema. Constantemente la Ingeniería Biomédica se extiende a planes curriculares en Universidades (UNAM, UAM, ULSA e ITESM), en el campo laboral y organizaciones científicas (SOMIB, IEEE y Capítulo estudiantil de Ingeniería Biomédica por nombrar algunas); basándonos en los principales representantes en estos aspectos esperamos recopilar lo mejor y dar un enfoque profesional sobre lo propuesto.

Para lograr este objetivo se tienen planteadas algunas propuestas como hacer una retrospectiva y analizar las necesidades en los inicios de la Ingeniería Biomédica en México, analizar los antecedentes de los impactos sociales, económicos e industriales; Analizar los aspectos anteriores en el presente y evaluar el crecimiento en todos los ámbitos para poder ejercer un análisis. Y finalmente, hacer una proyección general hacia el futuro de esta significativa y ya necesaria rama de la Ingeniería.

Sin dejar, por supuesto, el compromiso con la sociedad al dejar un trabajo útil y práctico por ser una de las áreas de más crecimiento y de cierta manera necesaria para la ciencia médica de la actualidad. Es importante hacer notar que el campo de trabajo del Ingeniero comparado con el del Médico es distinto, lo cual hace reflexionar como se han unido para lograr la gestación de la Ingeniería Biomédica. No se puede concebir un mundo saludable sin los famosos marcapasos, los desfibriladores, medidores electrónicos de azúcar, máquinas de diálisis, etc.; como tampoco existiría esta Ingeniería sin los aportes de tan importantes Médicos en el área de la Biomedicina, biotecnología y Telemedicina.

Para lograr este trabajo de tesis se determinó una metodología basada en los aspectos importantes de la investigación:

- Búsqueda de información, como lo son artículos sobre las diferentes áreas de la Ingeniería Biomédica (telemedicina, rehabilitación, ingeniería clínica, etc.)
- Análisis en bases académicas, técnicas, económicas, sociales, médicas, se analizará la situación de la Ingeniería biomédica en México en los últimos 20 años.
- Proyección en bases académicas, técnicas, económicas, sociales, médicas, se proyectará la situación de la Ingeniería biomédica en México en los próximos 20 años. Evaluando las Posibilidades de crecimiento de la Ingeniería Biomédica en México.
- Llegar a una conclusión sobre lo anteriormente analizado.

1.2 Antecedentes.

Concepto Ingeniería Biomédica: “Aplicación de principios eléctricos, mecánicos, químicos, ópticos y demás principios de ingeniería para entender, modificar o controlar sistemas; así como para diseñar y producir herramientas de asistencia en el proceso de diagnóstico, vigilancia y tratamiento de pacientes”. El ingeniero Biomédico es un profesional que por su formación, está capacitado para interpretar y dar solución a las necesidades médicas.

En los inicios de la historia de la humanidad, las enfermedades se consideraban como “visitas” de los malos espíritus. La medicina era practicada por el “curandero”, el medico brujo, Doctores yerberos, Arregladores de huesos, Conocimiento generacional (herencia). Desde estos inicios, la práctica de la medicina ha sido un componente infaltable en cualquier cultura.

Constantino I (335 D.C.), emperador romano que abrazó el cristianismo, cerró todo los templos paganos que se usaban para curaciones y mandó que todos los monasterios funcionen como hospitales.

Nace el concepto de hospital, La palabra *hospital* viene del latín *hospes*, "huésped" o "visita". De *hospes* se derivó *hospitalia*, "casa para visitas foráneas". Posteriormente *hospitalia* se transformó en *hospital* para designar el lugar de auxilio a los ancianos y enfermos.

La iglesia controlaba los hospitales, los monjes y monjas practicaban el arte de la curación. La medicina tomó un carácter más humanitario.

El sistema moderno de salud tiene sus inicios el los 1900 con base en los adelantos de las ciencias como la: química, la fisiología, farmacología, y otros. Una era de colaboración interdisciplinaria. Por ejemplo, en 1903 William Einthoven, ideo el primer electrocardiógrafo y midió los cambios eléctricos que ocurren en el corazón.

El 8 de noviembre de 1895, el físico, Wilhelm Conrad Röntgen, realiza experimentos con los tubos de Hittorff-Crookes (o simplemente tubo de Crookes) y la bobina de Ruhmkorff, analizaba los rayos catódicos, para evitar la fluorescencia violeta, que producían los rayos

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

catódicos en las paredes de un vidrio del tubo, crea un ambiente de oscuridad, cubre el tubo con una funda de cartón negro.

El 22 de diciembre, un día memorable, al no poder manejar al mismo tiempo su carrete, la placa fotográfica de cristal y colocar su mano sobre ella, le pide a su esposa que coloque la mano sobre la placa durante quince minutos. Al revelar la placa de cristal apareció la mano de Berta, la primera imagen radiográfica del cuerpo humano. Así nace una de las ramas más poderosas y excitantes de la Medicina: la Radiología.

Desde que Röntgen descubrió que los rayos X permiten captar estructuras óseas, se ha desarrollado la tecnología necesaria para su uso en medicina. La radiología es la especialidad médica que emplea la radiografía como ayuda de diagnóstico, en la práctica, el uso más extendido de los rayos X.

Los rayos X son especialmente útiles en la detección de enfermedades del esqueleto, aunque también se utilizan para diagnosticar enfermedades de los tejidos blandos, como la neumonía, cáncer de pulmón, edema pulmonar, abscesos... En otros casos, el uso de rayos X resulta inútil, como por ejemplo en la observación del cerebro o los músculos. Las alternativas en estos casos incluyen la tomografía axial computarizada, la resonancia magnética o los ultrasonidos.

Desde finales de la década de los 60's se iniciaron trabajos de investigación en el área de la ingeniería, apoyándose en las herramientas y utilidades para empezar a innovar en el sector médico. Esta incursión interdisciplinaria médico-ingeniero ha sido de gran impacto en las actuales técnicas de la medicina interna. Y en el presente se tiene interacción de ramas de la ingeniería como lo son los ingenieros civiles, eléctricos, electrónicos, químicos, mecánicos y sistemas computacionales con las diferentes áreas y especialidades de la medicina.

Antes de la segunda guerra mundial, el personal médico y los investigadores en el campo de la biología se valían de técnicas de ingeniería que fuesen relativamente sencillas y cayesen dentro de sus conocimientos. Por ejemplo, un fisiólogo investigador se hubiera sentido muy satisfecho si para llenar las necesidades de su laboratorio hubiese podido contar con un soplador de vidrio, un carpintero y un mecánico a su disposición.

En los años inmediatos de la posguerra muchos biólogos estaban, por tanto, bien impuestos en lo que constituían los últimos adelantos en el campo de la electrónica. Naturalmente, ellos los enfocaron hacia ciertos temas especializados. Pero la tecnología electrónica progresó muy rápidamente y los biólogos, que se habían familiarizado antaño con el manejo de válvulas y grandes componentes, pronto se vieron a la zaga en una

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

nueva era de transistores y componentes en miniatura, y como los conocimientos de los antiguos investigadores quedaron anticuados, empezó a surgir una nueva generación de médicos y biólogos, sin ninguna práctica en el campo de la electrónica.

Los investigadores dentro del campo de la biología y la medicina vieron claramente que ganarían una incalculable cantidad de tiempo no sólo si se familiarizaban con los adelantos técnicos existentes, sino también si iban dando paso a los nuevos que fuesen llegando. Entonces surgió la necesidad de un nuevo tipo de persona que hiciese de puente sobre el hueco que separaba a la elaborada tecnología de la ingeniería de las ciencias biológicas. En pocas palabras, surgió la necesidad de los bioingenieros.

1.2.1 LA INGENIERIA BIOMEDICA EN MEXICO.

La ingeniería clínica se ha desarrollado rápida y extensivamente en México desde hace dos décadas. México es un país de más de 100 millones de personas, desafortunadamente casi el 40% de la población vive en extrema pobreza, aunque existe un importante sector industrial y financiero, el cual incluye la clase media y alta. Este desbalance de clases se ve reflejado en las estadísticas de salud, que nos muestran las causas de mortalidad. Enfermedades infecciosas y crónicas y por su parte males degenerativos son la mayor causa de muerte; Las 5 causas de males más importantes son enfermedades respiratorias, infecciones intestinales (como la diarrea y amibiasis), diabetes, presión alta de la sangre, enfermedades de las vías urinarias y deficiencias nutricionales.

México tiene cerca de 21,285 servicios de salud entre el sector público y privado; el sector público facilita el servicio a 17,496 pacientes, de los cuales sólo 171 servicios son terciarios o de especialidad médica y 705 servicios son secundarios u hospitales generales. En el sector privado, 2841 hospitales tienen poco más de 40 camas, y 72 hospitales (de los cuales 23 están en la Ciudad de México) tienen más de 50 camas.

El Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS por sus siglas) provee servicios de salud a 40 millones de afiliados, el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE por sus siglas) da servicio a 10 millones de personas, los servicios del sector salud público, la secretaría de salud (SSA) provee servicios a otras 40 millones de personas. Por último, alrededor de 10 millones de personas tiene el servicio médico privado, tales como PEMEX y servicios del estado como la armada y la marina.

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

1.2.2 Problemas tecnológicos en México.

Cerca del 90% de los aparatos tecnológicos médicos son importados, como una consecuencia de la ineficiencia de la producción nacional, algunos de estos equipos biomédicos no son tan eficientes como tal vez lo fueran si son producidos en el país de origen; todo esto incrementa el costo de el cuidado de la salud.

Como si fuera otra parte del mundo la tecnología médica (aparatos, procedimientos y medicamentos) en México está avanzando rápida y constantemente. La incursión de esta tecnología en los sectores de salud ha incrementado la carga hacia los pacientes, enfermeras, físicos y técnicos, los cuales tienen que recibir capacitación y entrenamiento para la adecuación a la nueva tecnología.

Desafortunadamente, las limitaciones financieras obstaculizan la adquisición de todo el equipo biomédico y consumibles que son necesarios para todas las clínicas de salud. Aunque muchas de las veces los hospitales no usan el equipo regularmente, lo que hace que no se actualice y por consiguiente se descontinúe y no sea seguro para su manejo.

El equipo médico no es distribuido por igual en el país, el programa Y2K arrojó que el 45% de todo el equipo biomédico electrónico está en la capital del país, México DF; por eso mismo mucha de la población de México no tiene acceso a los servicios de alta tecnología por el hecho de no poder viajar del interior a la capital del país. Muchos administradores y directores de hospitales echan mano de la tecnología “hecha en casa”, sin embargo esta tecnología no es necesariamente la más apropiada para conocer las necesidades de cada clínica de salud. Usualmente no existen suficientes recursos para adquirir mantenimiento y consumibles de equipo biomédico. Sólo en algunos institutos de salud ésta tecnología es evaluada antes de adquirirse.

1.2.3 Ingeniería Biomédica Mexicana en términos académicos.

En 1973 empezó formalmente el desarrollo de la Ingeniería Biomédica en México, con la incursión de un plan académico como carrera en la Universidad Iberoamericana, en 1974 otro programa empezó en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) Unidad Iztapalapa. Actualmente existen 4 universidades que ofrecen la carrera académica y 2 ofrecen maestría y doctorado en Ingeniería Biomédica, un programa que empezó en 1960 está dedicado a la bioelectrónica e investigación. Las 4 universidades se encuentran en la Ciudad de México, aunque ahora hay 3 carreras universitarias en Ingeniería electrónica, las cuales tienen módulos terminales o especialidades en electrónica aplicada a la medicina o instrumentación biomédica en Guadalajara, Morelia, Tijuana y Puebla.

Estos programas han producido más de 1000 ingenieros biomédicos quienes están trabajando ahora en las siguientes áreas:

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

- 65 hospitales de sectores públicos y privados, dando mantenimiento, capacitación y manejo de equipo biomédico.
- En más de 20 compañías, como promotores o distribuidores de tecnología médica y promoviendo información profesional de soporte.
- Trabajando en investigación en más de 10 universidades, o en el sector salud desarrollando nueva tecnología para un mejor servicio a la salud.

En 2002 las universidades ofrecieron las carreras de Ingeniería biomédica e Ingeniería Clínica en las siguientes universidades:

- Universidad Iberoamericana, fundada en 1972
 - Ingeniería Clínica.
 - Instrumentación médica electrónica.
 - Ingeniería en Rehabilitación.
 - Se está planeando un programa de post-grado.
- Universidad Autónoma Metropolitana, fundada en 1974
 - Procesamiento digital de señales médicas
 - Instrumentación biomédica
- Universidad profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, fundada en 1987
- Universidad Nacional Autónoma de México, el programa de Ingeniería Biomédica comenzó en 2001 como un plan de módulo terminal.

1.3 La Ingeniería Biomédica en el Sector Salud Nacional.

1.3.1 Ingeniería Biomédica en hospitales.

En 1978 inició el primer programa de ingeniería clínica en hospitales, por 1984 cuatro hospitales privados y cinco hospitales públicos abrieron departamentos de Ingeniería biomédica e ingeniería clínica. En la actualidad existen 65 departamentos de Ingeniería clínica trabajando en hospitales terciarios y secundarios (hospitales generales y hospitales de especialidad médica). Esto cubre casi el 10% de la necesidad, donde hay Ingenieros

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

biomédicos o ingenieros clínicos, ingenieros mecánicos o ingenieros electrónicos y técnicos de planta que den soporte y servicio al equipo médico.

Investigadores y desarrolladores de tecnología médica nacionales tomaron como parte de sus responsabilidades el problema Y2K, en el curso de su investigación se vio revelado lo siguiente:

- El equipo médico no trabaja apropiadamente debido al desabasto de partes y consumibles.
- Equipo que no ha sido aun instalado debido a la ineficacia de la coordinación a través del mantenimiento-adquisición-usuario final y promotor.
- Equipo que no fue necesitado o usado.

Uno de los propósitos fue hacer para los ingenieros biomédicos, escalas en niveles regionales, esto para ayudar con la administración de las tecnologías, de ejecución de evaluaciones y resolución de problemas generales. Desafortunadamente esto no ha pasado aun a nivel nacional.

Los resultados de encuestas de la ingeniería clínica en México nos muestran que en el año 2002; 65 departamentos de ingeniería clínica en México están localizados prioritariamente en hospitales privados, los cuales cuentan con más de 50 camas para pacientes y en los hospitales de la secretaría de salud.

La educación de Ingeniería Clínica o Biomédica se basa en lo siguiente:

- 91% de la situación académica pertenecen a Ingeniería biomédica
- 9% pertenecen a otras ingenierías del campo de la electrónica.

De aquel 9% tienen grado de licenciatura y el 20% de eso, tienen diploma de certificación. Dentro del esquema organizacional en los hospitales, las ingenierías biomédicas y clínicas reportan lo siguiente:

- 15% tienen que reportar al director médico.
- 70% reporta al director general o administrador del hospital.
- 15% reporta a otros departamentos, como mantenimiento e investigación.

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

En muchos hospitales, la ingeniería clínica coordina todas las áreas tecnológicas y da servicio también a las necesidades de los hospitales como:

- Departamentos de Ingeniería clínica y biomédica.
- Planta de ingeniería (Cuarto de equipo (de máquinas), y todos sus sistemas incluyendo eléctricos, hidráulicos y neumáticos).
- Electrónica, audiovisual y comunicaciones (redes, teléfonos, faxes, fotocopiadoras y equipo audiovisual).
- Ingeniería de sistemas (computadoras con fines clínicos y administrativos).
- Mantenimiento.

1.3.2 Resumen

Conforme las actividades humanas se han hecho más diversas, se incrementa su complejidad y aquellos oficios que sustentaban a una comunidad, ahora se transforman en profesiones que exigen una preparación académica elevada para resolver problemas específicos.

El universo en que se desenvuelve el ser humano de esta época, es de gran tecnificación, diverso y a veces increíble, resultado de una evolución científica que da origen a gran variedad de tecnologías, que permiten la existencia de aparatos inimaginables hace poco tiempo y que ahora hacen más "sencilla" la vida del hombre. El campo de la medicina no ha sido la excepción, y para beneficio de la salud, se han aplicado todas las tecnologías creadas. El uso de estas, ha salido del campo de conocimientos tradicional de los médicos y motiva la existencia de profesionales auxiliares que coadyuvan a la atención de la salud.

La Ingeniería Biomédica es la especialidad profesional que integra herramientas técnicas y administrativas para facilitar y mejorar la atención de la salud. La importancia de esta profesión radica en los conocimientos de mecánica, electrónica, instrumentación, medicina, administración etc. que en conjunto permite desempeñar labores de alta especialización. Además, la filosofía con que son preparados los profesionales en las universidades, garantiza un desempeño con altos principios éticos.

En nuestro país ejercen la Ingeniería Biomédica diversas personas:

1. Entre los más antiguos, se encuentran personas que no recibieron una preparación profesional en esta especialidad pero por razones diversas laboran en este sector.

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

2. Otros, son profesionales con estudios relacionados al medio, que encontraron espacio para su desenvolvimiento, al tener afinidad personal por estos temas.
3. El tercer grupo son personas preparadas profesionalmente en estas labores, su nivel académico varía desde el nivel técnico hasta el nivel de doctorado y despliegan sus esfuerzos en las áreas relacionadas con la atención a la salud.
4. Trabajan en empresas particulares que ofrecen mantenimiento, venta y renta de aparatos, accesorios e insumos de uso medico o en hospitales,
5. Realizan labores de administración de los recursos tecnológicos con que cuenta el hospital (mantenimiento, supervisión, adquisición, operación, etc.). En la actualidad, participan en la planeación de la evolución hospitalaria, es de primordial interés desarrollar y poner en práctica normas de seguridad y calidad intrahospitalaria que permita una mejor atención a los demandantes de servicio medico.
6. Otro campo de acción son las actividades académicas, trabajan en la preparación de otros ingenieros, en investigación y desarrollo tecnológico.

Cronología de la Ingeniería Biomédica en México.

Los pioneros de la investigación y el desarrollo de la ingeniería biomédica en México surgieron a partir de la época en que los investigadores en el campo de la medicina comenzaron a interactuar con los ingenieros, mediante el uso de los equipos electrónicos que fueron llegando al país.

Muchos se abocaron al desarrollo de sus propios equipos, disponiendo de muy pocos recursos para su construcción.

- 1970: creación por decreto presidencial del CONACYT.
- 1973: primer programa de Ingeniería Biomédica.
- 1974-2004: Implementación en otras instituciones académicas
- Especialidades:
 - Instrumentación
 - Ingeniería Clínica
 - Rehabilitación
- Incorporación a los hospitales.
 - INCMNSZ, Hospital Ángeles, ISSSTE
- Creación CENETEC

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

1.4 La Ingeniería Biomédica en las Universidades.

Uno de los impactos más notables que ha generado la Ingeniería Biomédica ha sido dentro del sector académico, mismo que puede verse representado en los programas de estudios universitarios de distintas instituciones tanto a nivel nacional como internacional. Dichos programas en las últimas décadas se han venido actualizando constantemente con la finalidad de ofrecer mejores soluciones a los problemas que se presentan en el área de la salud, y dar a los Ingenieros más vías de desarrollo y crecimiento profesional en las distintas áreas en las que ellos pueden aportar soluciones viables. Para ello es importante hablar del papel de las universidades en el desarrollo de las naciones y, en el caso que ocupa al presente trabajo, el papel que juegan en el crecimiento y desarrollo de la Ingeniería Biomédica.

Las universidades, como instituciones sólidas para el crecimiento de las naciones, tienen como misión, el impartir educación superior para formar profesionales, investigadores, profesores universitarios y técnicos útiles a la sociedad; y organizar y realizar investigaciones, principalmente acerca de las condiciones y los problemas nacionales, y extender con la mayor amplitud posible los beneficios de la cultura. Son rectoras de la educación técnica y vanguardia del desarrollo tecnológico y científico de las naciones y están obligadas a mantener una dinámica que le permita actualizar e incrementar su participación eficaz en la solución de los grandes problemas de la sociedad, adoptando las medidas tácticas y estratégicas que amerita la situación actual.

Las funciones sustantivas de la universidad se pueden dividir en: la docencia, la investigación y la difusión de la cultura. Para llevarlas a cabo, su estructura se divide en tres subsistemas: el de docencia, que puede incluir el bachillerato, los estudios profesionales y el posgrado; el de investigación, agrupado en investigación científica por un lado, y humanidades y ciencias sociales, por el otro, y el subsistema de difusión cultural.

De acuerdo a lo anterior, en atención a las grandes necesidades nacionales, a través del desarrollo tecnológico, la investigación y la formación de recursos humanos en las ramas de Ingeniería, Ciencias Médicas y Biológicas, Sociales y Administrativas, las universidades han tenido la necesidad de crear nuevas carreras con un enfoque interdisciplinario, actuando fundamentalmente sobre la componente tecnológica de las soluciones y aplicando los resultados de la investigación científica realizada, para la solución de problemas nacionales con una visión integral de la realidad social, económica, política y cultural del país. Dando respuesta a lo anterior las universidades han impulsado y creado nuevas carreras para los nuevos campos, en las que se destaca el de la Ingeniería Biomédica.

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

1.4.1 El Objetivo de la Ingeniería Biomédica en la Universidad.

Las universidades tienen la tarea primordial de desarrollar en el estudiante de esta carrera, habilidades, actitudes, valores y conocimientos, que les permitan como ingenieros biomédicos, proponer mejores soluciones a los problemas que plantea el sector salud. Sin embargo no es posible proponer una carrera que pueda satisfacer todas las áreas de esta ingeniería, debido a la amplitud de su campo de trabajo en el sector salud. Por lo tanto es conviene resaltar el carácter multidisciplinar de la carrera, y que por lo tanto los objetivos y planes de estudios de cada universidad, aunque estén enfocados a la Ingeniería Biomédica, pueden variar significativamente de tal manera que cada una de ellas satisfagan las necesidades del entorno social según los objetivos y alcances de las mismas instituciones que imparten la carrera.

Así, la guía *Designing a Career in Biomedical Engineering*, de la Engineering in Medicine & Biology (EMB), IEEE, 2003 señala el carácter interdisciplinar de la carrera, en la que el Ingeniero Biomédico, en el ejercicio de su profesión se relaciona con gran diversidad de profesionistas en distintas disciplinas: médicos, enfermeros, biólogos, técnicos, ingenieros, administradores, entre otros, para ofrecer soluciones multidisciplinarias, profesionales y éticas. La guía también señala que un título universitario en Ingeniería Biomédica, implica preparar a los estudiantes de esta disciplina para que sus conocimientos en biología, medicina, física, matemáticas, la ingeniería y las comunicaciones las usen en función de lograr una sociedad más saludable.

1.4.2 La enseñanza de la Ingeniería Biomédica.

De acuerdo al objetivo de la carrera de la Ingeniería biomédica, queda claro que son requisitos necesarios para el estudiante, el hecho de adquirir habilidades y conocimientos multidisciplinarios para el desarrollo de su vida profesional, y que el diseño de sistemas fundamentales juega un rol importante en la educación de los Ingenieros biomédicos. Sin embargo, para hablar de la enseñanza de la Ingeniería Biomédica, es importante hablar de los planes de estudio de la carrera, los cuales actualmente son un problema a nivel internacional y que reciben gran atención¹, ya sea para la mejora en la enseñanza o para aprovechar los múltiples caminos en los cuales la tecnología se pueden poner a trabajar en la prestación de una mayor eficacia en la instrucción. El objetivo es determinar la estructura óptima de los planes de estudios de la carrera de Ingeniería Biomédica, campo creciente que presenta el reto de hacer una reforma y diseño de un nuevo plan de estudios de educación profesional que sirva a esta disciplina. Para hablar de ello, la instancia a la que se remite el presente trabajo para establecer los parámetros

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

importantes a considerar dentro de un plan de estudios de esta carrera, es el *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*”, a través del documento *Designing a Career in Biomedical Engineering*¹.

Este mismo documento, señala las características que se presentan comúnmente en los planes de estudio de la carrera, tales como el número de años que se requieren cursar y las materias que componen el plan, entre otras características.

De acuerdo a este documento, una licenciatura en ingeniería biomédica requiere normalmente un mínimo de cuatro años de enseñanza universitaria, y señala que para un mejor desarrollo del ingeniero biomédico, un posgrado en biomedicina o una maestría o doctorado en ingeniería biomédica ofrece al estudiante mayores oportunidades en materia de investigación y desarrollo, así como también dentro de los campos industrial, académico y de gobierno.

Así, para la formación del Ingeniero Biomédico, el documento señala que los planes de estudio comúnmente proveen lo siguiente*:

- Una base sólida en biología, química, matemáticas, física general, Estática, dinámica, termodinámica y sistemas y señales.
- Se señala que a pesar de que la ingeniería biomédica varía de un plan de estudios de Universidad a Universidad, la mayoría de los programas requieren cursos de biología, fisiología, bioquímica, Química Inorgánica y Orgánica.
- Materias del área de electrónica, tales como cursos de circuitos electrónicos, instrumentación, así como materias sobre diseño.
- En el área de Ingeniería Biomédica se marcan cursos que cubran los temas sobre seguridad hospitalaria, tecnologías emergentes, ingeniería clínica, instrumentación médica y biomateriales, con los que se intenta responder a las inquietudes más habituales en el campo de la ingeniería biomédica. Menciona que se debe adoptar una serie avanzada de cursos sobre dispositivos bioelectrónicos, biomecánica, sistemas fisiológicos, procesamiento de señales biológicas, ingeniería de rehabilitación, telemedicina, realidad virtual, robótica relacionada a la cirugía, y

1.- Forecasting Progress in Biomedical Engineering by J.W. Clark, May/June 2002 IEEE ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY 17, Golden Accomplishments in Biomedical Engineering, 50 Years of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society and the Emergence of a New Discipline

otras relacionadas con la clínica y la ingeniería. Señala que las más recientes especialidades incluyen estudios sobre las células, tales como la ingeniería neural, y la bioinformática.

- El estudio de modelos matemáticos, para ayudar a entender mejor la fisiología de los seres vivos y proveer herramientas para desarrollar dispositivos que traten diversos aspectos de la salud, tales como los relacionados con el sistema cardiovascular, el sistema nervioso, el sistema respiratorio, entre otros.
- La experiencia de los laboratorios, se señala que el objetivo de estos es proporcionar a los estudiantes la facultad de llevar sus conocimientos a aplicaciones concretas del mundo real.
- La formación del Ingeniero en el área de las humanidades y ciencias sociales, tales como ética, historia, ciencias políticas, filosofía, sociología, antropología, psicología y literatura.
- El estudio de una lengua extranjera, al que hace especial énfasis, debido a que tiene la finalidad de que los ingenieros biomédicos trabajen para mejorar la atención médica en todo el mundo. Los estudios de una lengua extranjera, dan la posibilidad de conseguir pasantías o permanencias para estudiar la carrera de ingeniería en un país extranjero. Se recomienda que el estudio de una lengua extranjera inicie desde el nivel bachillerato, en el que se deben incluir varios años de estudio de dicha habilidad.
- De desarrollo del servicio social, que permita adquirir experiencia profesional previa a la graduación, así como explorar las diferentes áreas de la ingeniería Biomédica que sirvan para definir mejor el rol del estudiante en esta rama de la Ingeniería. Recomienda hacer este servicio dentro de compañías farmacéuticas, en instituciones académicas, y en instancias gubernamentales, tales como clínicas, hospitales, entre otros.

2009

Facultad de Ingeniería, UNAM.

[CAPÍTULO II: PANORAMA ACTUAL DE LA INGENIERÍA BIOMÉDICA EN MÉXICO.]

2.1.- Presencia actual de la Ingeniería Biomédica en México. 2.2.- Áreas imprescindibles de la Ingeniería Biomédica en la actualidad. 2.3.- Tendencia académica de la Ingeniería Biomédica en Instituciones del País. 2.4.- La ingeniería Biomédica desde la perspectiva de la UNAM y sus proyectos.

2.1 Presencia actual de la Ingeniería Biomédica en México.

2.1.1 Situación actual.

En la actualidad en todo México se extiende la ingeniería biomédica tal y como lo demandan los servicios de salud, esto se puede ver en la cantidad de egresados que hasta el 2007 se tiene registrados, que son alrededor de 1303 egresados. Por otro lado también el sector académico ha incrementado sus planes de estudio, enfocándose a dar soporte a esta área, lo cual se ve reflejado en 7 universidades con programas de licenciatura en ingeniería biomédica.

En el campo laboral, hay una tendencia muy grande sobre los egresados en ésta área, donde principalmente existe el mantenimiento a equipo médico, ingeniería clínica y diseño de prototipos de equipo biomédico, este último muy escaso y de muy poca aplicación; considerando que las grandes corporaciones tecnológicas tienen los diseños de los adelantos tecnológicos, como se mencionó anteriormente, se tiene que recurrir al país de origen para que sus técnicos puedan reparar equipo; esto genera una gran desventaja para los egresados ya que no impulsa el conocimiento ni la capacitación de el equipo biomédico que se usa actualmente en el país.

Con respecto a los sueldos la gráfica de la fig. 2 muestra en ganancia monetaria la colocación de un ingeniero biomédico entre los recursos humanos de un hospital, esto es hablando de la ingeniería clínica, administración de hospitales.

Se puede pensar que es bueno el ingreso desde la perspectiva ingenieril, pero hay que considerar que se está colocando al ingeniero biomédico al nivel de un médico especialista y un director de hospital, este avance en el ramo de la ingeniería puede llevar años de experiencia y trabajo. En el caso de los ingenieros dedicados al mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo de equipo biomédico se contratan como la mano de obra técnica que da servicio a hospitales de primer, segundo y tercer grado. Estos ingenieros son contratados por compañías que se especializan en el ramo de equipo biomédico y por hospitales que requieren este tipo de servicio para no recurrir a la empresa que les vendió el equipo, que obviamente les cobra por llevar a sus técnico.

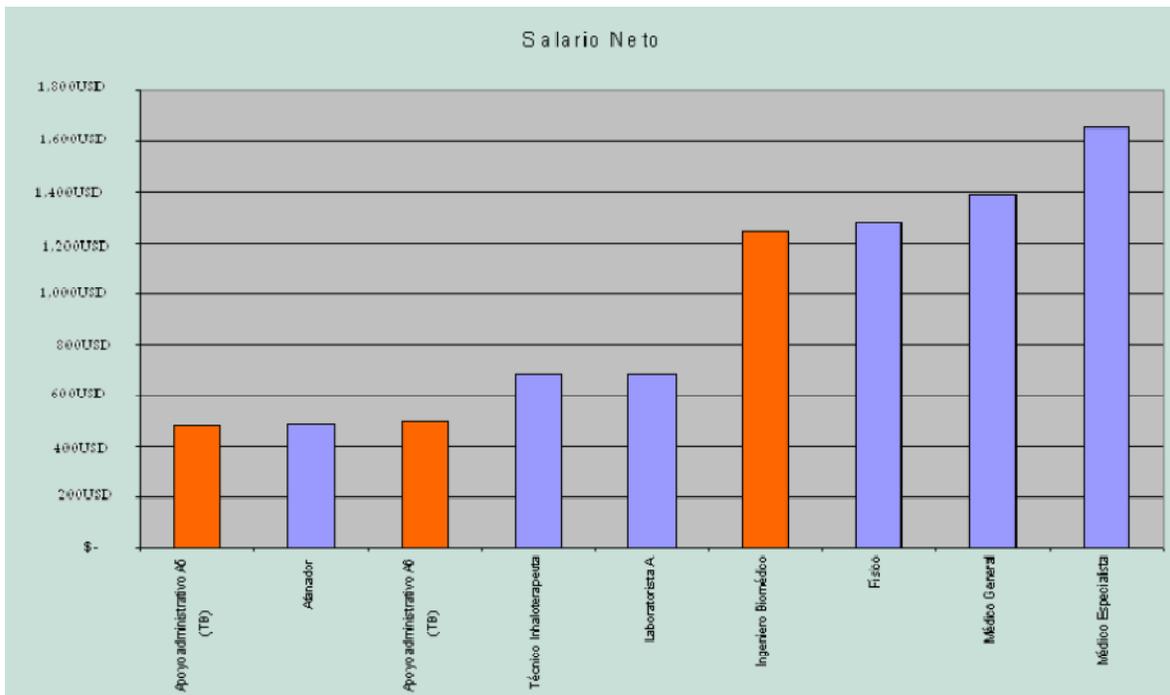


Figura 1 “Gráfica representativa de salarios en los departamentos Clínicos en un Hospital”

La presencia de los ingenieros biomédicos también es muy limitada, todo se centra en los grandes servicios de salud estatales, como lo muestra la Figura 2.



Figura 2 “Presencia de Ingenieros Biomédicos en el país”

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

El creciente interés de los ciudadanos y de los medios de comunicación sobre el fenómeno salud-enfermedad condiciona también una sucesión imparable de información sobre tecnologías médicas, sobre nuevos descubrimientos y otras cuestiones de salud que mantienen expectativas de mejora en la capacidad de la medicina para luchar contra las enfermedades.

Las tecnologías para la salud han desarrollado algunas de las innovaciones que más impacto han tenido en los últimos años, gracias a aplicaciones como la resonancia magnética; el tomógrafo; la angioplastia¹ y los *stents*² para abrir arterias coronarias bloqueadas; la mastografía; el *bypass* de arteria por injerto; la extracción de cataratas y la implantación de lentes; y el reemplazo de cadera y rodilla, entre otras muchas.

¹ Es una técnica aparecida en la década de 1980, que consiste en introducir un catéter a través de la arteria femoral, cerca de la ingle, a fin de hacerlo llegar a la arteria coronaria donde se ha producido la obstrucción del flujo sanguíneo por acumulación de grasa o coágulos sanguíneos (trombos). Cuando se llega a la arteria obstruida, un balón inflable en la punta del catéter, es hinchado a una determinada presión para desbloquear y restablecer el flujo sanguíneo. También se puede usar para ampliar una fina malla metálica conocida como "stent" que se adosa a las paredes arteriales, para mantenerlas abiertas. El stent puede ir recubierto con fármacos para prevenir una nueva obstrucción. Luego se desinfla el balón y se retira el catéter. Se puede realizar el mismo procedimiento por la arteria radial, en el brazo, y así evitar posibles hemorragias. Es una de las operaciones más comunes hoy en día, y no requiere gran intervención ni permanecer un periodo postoperatorio en el hospital.

² Una cánula o un stent (un tipo de implante endovascular) es un dispositivo metálico cilíndrico que se coloca en el interior de una arteria para mantenerla permeable luego de su desobstrucción por procedimientos invasivos. Originalmente eran cilindros de malla metálica auto expandibles, aunque actualmente algunos de ellos tienen la capacidad de liberar de forma programada sustancias que previenen la recidiva del estrechamiento de la arteria donde han sido colocados. Las técnicas modernas permiten colocar los stents en arterias coronarias, en carótidas o en femorales. El tener implantado un stent implica la necesidad de mantener un tratamiento de forma indefinida para prevenir que estos dispositivos vuelvan a obstruirse.

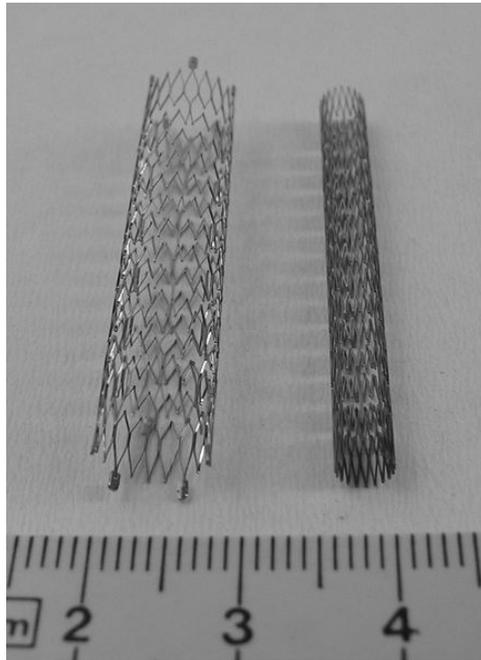


Figura 3 “Cánula, dispositivo médico que se usa para implantarse en arterias”

Asimismo, otras innovaciones directamente relacionadas con las tecnologías sanitarias marcarán ésta y la próxima década: telemedicina, nuevas técnicas de diagnóstico por imagen, cirugía mínimamente invasiva, test y mapas genéticos, terapia génica, vacunas, sangre y órganos artificiales, xenotrasplantes⁴ y la utilización de células madre, entre otros.

⁴ La definición médica de xenotrasplante es el trasplante de órganos, tejidos o células de una especie a otra. Es decir, la utilización de órganos de animales para su implantación en el hombre, con el objeto de reducir la escasez de órganos de donante humano que existe actualmente y que hace que las listas de espera crezcan de forma progresiva y aumente el número de pacientes que mueren esperando un órgano que para ellos nunca llega.

2.1.2 Las tecnologías para la salud y la innovación.

Los últimos 20 años han visto numerosas innovaciones clínicas y de organización en el sector salud. Estas innovaciones transforman no sólo la naturaleza de los cuidados para la salud y la manera en que son distribuidos, sino también las expectativas de la población.

Las tecnologías para la salud no deben entenderse como un gasto, sino como una inversión, ya que contribuyen a restablecer antes y mejor la salud del paciente y suele generar reducciones en otras partidas del gasto en salud.

Las tecnologías sanitarias cada vez más se presentan como un elemento dinamizador indispensable para garantizar la innovación en el Sistema Nacional de Salud. La innovación que aportan las tecnologías para la salud ayuda a la sustentabilidad económica y financiera del sistema sanitario gracias a la racionalización del gasto que genera en diferentes ámbitos: prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación y, de una manera no menos importante, en la gestión y eficiencia del propio sistema.

El desarrollo sostenible es uno de los grandes retos a los que se enfrenta el sector salud mexicano, en un entorno marcado por el enfrentamiento entre la racionalización del gasto, provocado por el crecimiento de la actividad asistencial, y la necesidad de optimizar el uso racional de las nuevas tecnologías.

2.1.3 Los programa de acción específicos en tecnologías para la salud.

Para lograr el buen funcionamiento del sistema y anticiparse a los retos por venir, es necesario generar información y evidencias que faciliten la toma de decisiones, con el fin de cumplir con estos objetivos, se desarrollaron Programas de Acción que plantean una serie de acciones cuya gran mayoría implica la articulación de una colaboración estable entre instituciones del sector salud, sociedades y asociaciones médicas, universidades, institutos y unidades de investigación, y en futuro próximo, pacientes.

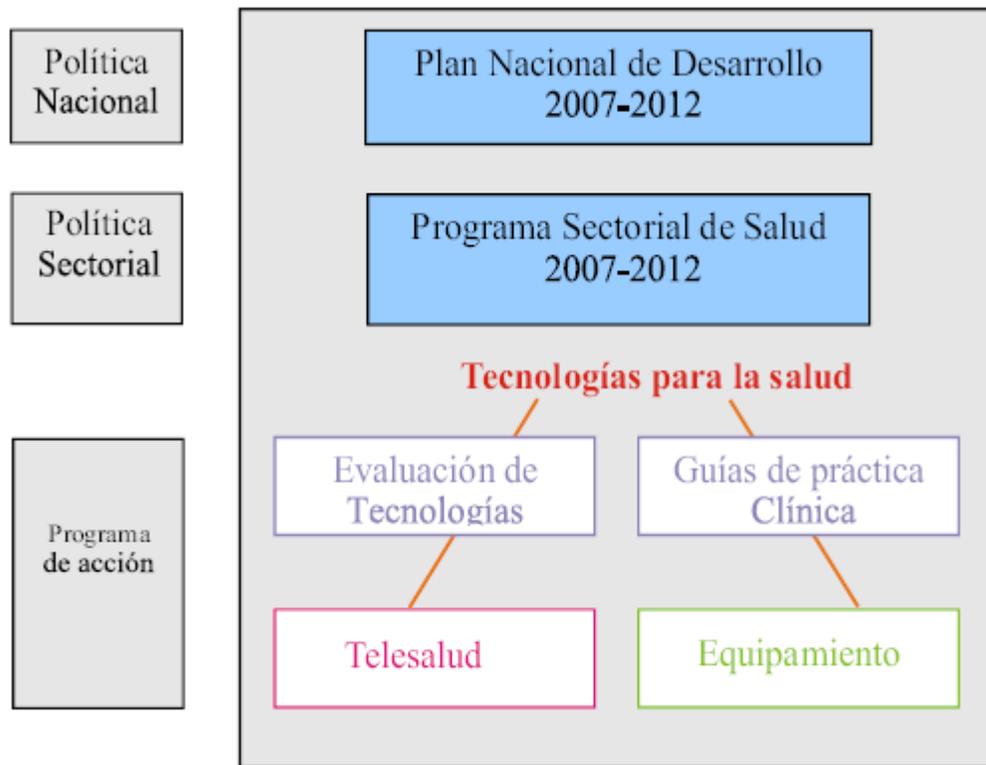


Figura 3 “Plan Nacional de desarrollo de tecnologías médicas”

Los programas de acción en tecnologías para la salud no pretenden sustituir ni duplicar las numerosas actuaciones que en esta materia se desarrollan en la actualidad por los servicios de salud estatales y locales mediante diversos proyectos y planes que pretenden la mejora de la calidad asistencial en el ejercicio de sus competencias; por ello, propone líneas de trabajo de coordinación y sinergia de esfuerzos.

El propósito de estos programas es incrementar la cohesión del Sistema Nacional de Salud y ayudar a garantizar la máxima calidad de la atención sanitaria a todos los ciudadanos, con independencia de su lugar de residencia, al tiempo que ofrecer herramientas útiles a los profesionales y a los responsables de las instituciones de salud en su objetivo de mejorar la calidad.

Estos programas de acción se concretan en objetivos, estrategias y líneas de acción.

Los objetivos se han diseñado como grandes ejes de actuación con un horizonte a medio y largo plazo. Las estrategias, que abordan los aspectos más relevantes en la actualidad de los servicios sanitarios, tienen un horizonte temporal a medio plazo, y la mayor parte de las líneas de acción tienen un horizonte de ejecución de corto plazo.

2.1.4 Evaluación de Tecnologías para la Salud.

La velocidad del desarrollo científico y tecnológico en el campo de la medicina ha puesto a disposición del Sistema Nacional de Salud, un gran número de tecnologías preventivas, diagnósticas, terapéuticas y de rehabilitación, sobre las que no siempre se conocen los resultados de su efectividad, el impacto en el presupuesto destinado a salud, así como el grado de aceptación que tendrán en la población y cuya incorporación supone un incremento importante en el gasto de las instituciones.

El Sistema de Salud enfrenta un doble reto: por una parte debe satisfacer la demanda cada vez mayor de tecnologías y servicios en un entorno económico difícil y, por la otra, debe mejorar la calidad, la eficiencia y la equidad de los servicios de salud. En estas circunstancias se debe asegurar que las tecnologías respondan a las necesidades de salud de la población y que su incorporación y uso se lleve a cabo en forma razonada a fin de evitar el dispendio de recursos, el incremento de riesgos, la práctica inadecuada y la deshumanización en la relación médico-paciente.

La construcción de la Evaluación de Tecnologías para la Salud (ETES) como disciplina de conocimiento aparece hace poco más de 30 años, como respuesta a tres problemas crecientes en los Sistemas de Salud de los países tanto ricos como pobres:

1. Creciente gasto en salud, debido en su mayor parte a la introducción y uso masivo de innovaciones tecnológicas.
2. Variabilidad de la práctica clínica.
3. Poco conocimiento sobre la contribución real del uso de tecnologías sanitarias en la mejora de salud de la población.

El cometido de las agencias, instituciones o área de evaluación de tecnologías para la salud es aportar todas las herramientas posibles para identificar la innovación que aporta valor a la salud de los pacientes y de la población en su conjunto, analizando previamente en profundidad las cualidades de dichas innovaciones.

Los responsables de las instituciones del Sistema Nacional de Salud, tienen que tomar múltiples decisiones relacionadas con la práctica clínica así como con la gestión de los servicios de atención médica y de salud pública. En el desempeño de la práctica asistencial, el clínico enfrenta una serie de desafíos en relación con: La complejidad y variabilidad de la enfermedad; el gran volumen de información médica disponible; la necesidad de acceso a información científicamente válida: costos cada vez mayores y la participación del paciente en la toma de decisiones médicas.

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

Tanto los tomadores de decisiones, como los clínicos pueden tener diferentes opiniones sobre el valor relativo de las diversas estrategias diagnósticas y de opciones terapéuticas, por lo que es frecuente observar que frente a un mismo problema de salud varios profesionales elijan abordajes diferentes.

También se han dado esquemas de variaciones individuales. En general, todos convergen en la búsqueda de determinantes de la variabilidad, la cual puede dar lugar a riesgos diversos desde varios enfoques:

- Oferta de servicios con recursos y procedimientos variables que producen atención diferenciada, variaciones en la disponibilidad y por tanto inequidad
- Percepción de calidad muy diversa en los servicios ofertados y recibidos
- Falta de claridad para la asignación y distribución de recursos debido a modelos operativos no unificados bajo criterios mínimos de operación
- Presiones de grupos de interés para la inclusión de nuevas tecnologías
- Libertad en la elección de conductas y recursos terapéuticos desde una perspectiva anecdótica más que desde la evidencia científica, debido a la dificultad para el acceso a fuentes de información calificada y ordenada para su aplicación operativa, lo que genera modelos de atención con variables múltiples, por lo que los indicadores de impacto son difíciles de establecer.
- Presiones externas: el profesional conoce el valor de las pruebas o tratamientos, pero el contexto obliga al uso de otros abordajes. No se dispone de la técnica diagnóstica o del tratamiento recomendado, por lo que se utiliza una alternativa.
- Frente a una incertidumbre de referentes específicos y suficientes, se practica cada vez más la medicina defensiva, que tiene grandes implicaciones éticas, sociales y económicas

Con el fin de reducir la variabilidad inadecuada en la atención médica, en varios países se han desarrollado guías de práctica clínica. Aunque esta denominación se ha extendido a diferentes productos, según el Institute of Medicine (IOM), de los Estados Unidos de América (EUA), la guía de práctica clínica (GPC) es un conjunto de “Recomendaciones desarrolladas de forma sistemática para ayudar a los profesionales y a los pacientes en la toma de decisiones sobre la atención sanitaria más apropiada, seleccionando las opciones diagnósticas y/o terapéuticas más adecuadas en el abordaje de un problema de salud o una condición clínica específica”.

México no está exento de esta corriente mundial y durante la presente administración, el Programa Sectorial de Salud (PROSESA) 2007 - 2012 define, en su tercera estrategia, “Situación la calidad en la agenda permanente del Sistema Nacional de Salud” y compromete el impulso a la utilización de las Guías de Práctica Clínica y Protocolos de Atención Médica.

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

La Organización Mundial de la Salud define en 1998 a la Telemedicina como.....”el suministro de servicios de atención sanitaria, en los que la distancia constituye un factor crítico, por profesionales que apelan a tecnologías de la información y de la comunicación con objeto de intercambiar datos para hacer diagnósticos, mejorar e indicar tratamientos y prevenir enfermedades y heridas, así como para la formación permanente de los profesionales de atención de salud y en actividades de investigación y de evaluación, con el fin de mejorar la salud de las personas y de las comunidades en que viven”. Actualmente, el concepto de Tele medicina debe tornarse en Tele salud, puesto que incluye; consulta general, consulta de alta especialidad, asesoría diagnóstica y terapéutica (tele medicina); , actividades de educación en salud (Tele educación), promoción a la salud (Tele promoción a la salud), investigación (tele investigación) y otras más de tipo administrativo.

El Programa Nacional de Salud a través de su componente de Telesalud es una de las respuestas al reto de desarrollo y de igualdad de oportunidades que enfrenta nuestro país, como refiere el tercer eje rector del Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012. Considerando las experiencias nacionales e internacionales, el Programa de Acción de Telesalud propone: alinear al sector, las organizaciones relacionadas incluyendo la industria y sus recursos en torno a la incorporación del Sector Salud a la Sociedad de la Información y del Conocimiento contribuyendo a la calidad, acceso y eficiencia de la prestación de los servicios de atención a la salud.

Al integrar el modelo de salud tradicional a la nueva cultura y modalidad de la tele medicina, se logra aumentar la accesibilidad, la disponibilidad, la cobertura y la calidad de la atención médica, facilita la capacitación de docentes, administrativos, población y alumnos, evitando desplazamientos costosos. Con ella se busca crear modelos de salud acordes con el plan Nacional de Salud 2007-2012 atendiendo las necesidades integrales del individuo y sus comunidades.

Contribuir a la universalidad de la salud a través del desarrollo y la integración de un sistema nacional de tele salud que favorezca el acceso y provisión de servicios de salud de calidad, eficiente y centrada en la persona.

En el año 2012 México contará con un sistema nacional de Telesalud a través del cual se extenderá la cobertura y el acceso a los servicios de salud favoreciendo la calidad y efectividad de la atención centrados en la persona.

Como objetivo principal se trata de integrar los servicios de telesalud en el país con el propósito de apoyar en la mejora de la calidad y el acceso a los servicios de salud mediante programas de infraestructura, capacitación y organización acordes al Plan Nacional de Salud.

2.1.5 GESTIÓN DE EQUIPO MÉDICO.

En el contexto internacional México ha sido uno de los pioneros latinoamericanos en emprender acciones relacionadas con la gestión de equipo médico, entre las cuales se destaca la formación de Ingenieros Biomédicos, profesionales especialistas en el tema desde hace más de 30 años, el establecimiento del Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud (CENETEC) al interior de la Secretaria de Salud (SS) que concentra esfuerzos y especialistas en el tema y que ha desarrollado herramientas de gestión durante los últimos tres años, entre otros. Por estas y otras acciones México es considerado líder de opinión latinoamericano, formando parte de consultas internacionales sobre el tema en el seno de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) así como de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Su propósito esencial es que la gestión o administración de los equipos médicos se realice de forma eficiente y profesional por parte de los responsables de realizarla o bien de áreas especializadas en Ingeniería Biomédica, de manera que los equipos médicos cumplan con su cometido de ser parte del proceso de atención a la salud, aprovechando los recursos invertidos de una forma más eficiente y racional, para garantizar su utilidad en la mejoría de la salud y de la calidad de vida de los mexicanos, al mismo tiempo que se procura la mejor asignación y utilización de todos los recursos implicados en ello. En nuestro país, sobre todo en los sistemas de salud dependientes de las entidades gubernamentales, en específico en la Secretaria de Salud así como en el ámbito de los Servicios de Salud Estatales, la inversión en equipo médico había sido muy baja. Temas como la planeación del equipamiento médico, la renovación de estos equipos, la seguridad del paciente y el mantenimiento, componentes, entre otros, de la gestión de equipo médico, no habían tenido tanta importancia como ahora.

México cuenta con Ingenieros Biomédicos, especialistas en la administración de equipos médicos en unidades de salud, sin embargo, aún cuando en los últimos 30 años se han tenido avances importantes en esta materia, éstos se han concentrado fundamentalmente en la iniciativa privada y en unidades médicas de alta especialidad dentro de instituciones gubernamentales de atención a la salud, donde se ha comprobado que una adecuada gestión de equipos médicos es componente primordial de la atención a la salud eficiente y de calidad.

Estos dos factores, la renovada y fortalecida inversión en equipamiento médico en instituciones de atención a la salud gubernamentales, así como la variabilidad de la capacidad de la administración del equipo médico en nuestro país, hacen indispensable pensar en un programa de acción específico para la gestión de equipo médico, que ayude a cerrar las brechas y disminuir las carencias en cuanto a recursos humanos, financieros,

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

especialistas, capacitación, herramientas, normatividad, lineamientos y políticas, que permitan que en nuestro país se mejore la planeación, administración, evaluación, incorporación, mantenimiento, renovación y baja de estas tecnologías.

2.2 Áreas imprescindibles de la Ingeniería Biomédica en la actualidad.

Para enfatizar claramente a lo que corresponde, se puede dar un enfoque más práctico a partir de las demandas y necesidades de la sociedad en general. Generalmente las demandas son bastantes, como son bastantes las áreas de especialidad médica; para eso la ingeniería biomédica rige ciertos parámetros para enfocar el conocimiento y abarcar el terreno necesario de la medicina. En el mundo laboral y tecnológico, la experiencia permite al estudiante explorar opciones de carreras y definir un rol en la comunidad de la Ingeniería biomédica. Considerando esto, se puede hacer un análisis y demarcar a que principales áreas de interés podemos acceder, las áreas de primer uso y necesidades son:

- **Bioinformática:** se refiere al desarrollo y manejo de herramientas de computadora para coleccionar y analizar datos relacionados con medicina y biología. Trabajar con bioinformática facilitaría el trabajo, usando técnicas para manejo e investigación de bases de datos de secuencias de genes que contienen millones de entradas. Es decir se administraría de una manera eficiente los miles de millones de datos que arrojaría una investigación de ese tipo.
- **BioMEMS:** por sus siglas en inglés (Microelectromechanical systems) es la integración de elementos mecánicos, sensores, actuadores y partes electrónicas en una tableta de silicón. Los BioMEMS básicamente es el desarrollo y aplicación de MEMS en la medicina y Biología, ejemplos del trabajo de bioMEMS está el desarrollo de micro robots que algún día podrían mejorar e innovar la cirugía dentro del cuerpo mismo; también la manufactura y diseño de pequeños aparatos que podrían ser implantados dentro del cuerpo humano para segregar medicamentos y/o drogas que el cuerpo demande.
- **Biomecánica:** es la mecánica aplicada a la biología, incluye el estudio del movimiento, deformación de materiales, y flujo de los fluidos. Por ejemplo el estudio de la circulación de la sangre, viéndolo como un fluido dinámico ha impulsado el desarrollo de corazones artificiales, mientras que un mejor entendimiento de los implantes mecánicos ha contribuido a el diseño de prótesis de miembros.



Figura 4 “Niño discapacitado con prótesis en ambos brazos

- Procesamiento de bioseñales: involucra el uso, recolección de la información de señales biológicas para el diagnóstico y propósitos terapéuticos. Esto podría significar el estudio de señales cardiacas para determinar 2 alternativas o solo una al paciente, si será susceptible a un infarto fulminante, el desarrollo de sistemas de reconocimiento de voz que puede proveer con señales de ruido o detectar características de las señales del cerebro que podrían ser usadas para controlar una computadora.
- Biomateriales: son sustancias y materiales que han sido manejados y diseñados para usarse en aparatos o implantes que deben interactuar con tejido humano vivo. Algunos ejemplos de avances en esta área incluye el desarrollo de cubrimientos que atacan la infección común que se genera en las áreas donde se ha puesto un implante artificial, materiales que pueden asistir a la entrega de algún medicamento controlado, y por supuesto, su función es ayudar a la reconstrucción del tejido y demás órganos.



Figura 5 “Trabajo con biomateriales”

- **Biotecnología:** es un conjunto de poderosas herramientas que emplean organismos vivos (o partes de organismos) para hacer o modificar productos, arreglar plantas o animales o desarrollar microorganismos para usos específicos. Algunos de los primeros esfuerzos en biotecnología involucraron animales comunes y el uso de levadura como la que se usa en el pan, cerveza, vino y queso. La biotecnología moderna involucra el uso industrial de recombinación de ADN, fusión celular, técnicas en bioprocesos, los cuales pueden ser usados para ayudar a corregir defectos genéticos humanos. Esto también involucra la degradación de contaminantes peligrosos con la ayuda de organismos vivos.
- **Ingeniería clínica:** da apoyo y ayuda al cuidado del paciente con la aplicación de la ingeniería y aptitudes administrativas para la tecnología de cuidados en la salud. Los ingenieros Clínicos pueden estar trabajando en hospitales, donde sus responsabilidades pueden ser administrar el equipo médico de un hospital, asegurándose de que el equipo biomédico sea seguro y efectivo en su uso, también lo es el trabajar con técnicos para adaptar instrumentación a fundamentos médicos. En la industria, los ingenieros clínicos pueden trabajar en desarrollo de productos médicos, desde el diseño del producto hasta la venta y soporte, asegurándose que el nuevo producto cumpla las demandas de la práctica médica.
- **Genómica:** es una nueva disciplina que involucra el “mapeo”, secuencia y análisis de genomas (todo el conjunto de partes que tiene un ADN en un organismo). Una disciplina muy completa de cómo es la función de los genes en estado normal o en estados de enfermedad, puede llevar a la detección, diagnóstico y tratamiento de enfermedades.
- **Procesamiento de imágenes:** Los rayos X, ultrasonidos, imagenología de resonancia magnética y tomografía computarizada están entre los métodos que son usados para permitirnos ver dentro del cuerpo humano. El trabajo en esta área incluye el desarrollo de bajo costo de los sistemas para adquisición de imágenes, algoritmos para la compresión de imagen y video, y la aplicación de servicios computacionales como multimedia en el contexto biomédico.
- **Información tecnológica:** en la biomedicina cubre un diverso rango de aplicaciones y tecnologías, incluyendo el uso de realidad virtual en aplicaciones médicas. La aplicación de redes inalámbricas y tecnologías móviles en el cuidado de la salud es muy abundante, también como la inteligencia artificial para la ayuda de diagnósticos.
- **Mediciones, sensores e instrumentación:** Tiene que ver con el diseño de hardware y software de aparatos y sistemas usados en la medición de señales biológicas. Esto va desde desarrollar sensores que puedan capturar señales biológicas hasta la aplicación de métodos para amplificar y filtrar dichas señales que son difíciles de

estudiar en su estado usual, también el interactuar con fuentes de interferencia que puedan meter “ruido” a la señal, como suele pasar en el diseño de aparatos tales como la máquina de rayos x o un monitor de señales cardiacas.

- Micro y nanotecnología: es el desarrollo y uso de aparatos de micro escala (una centésima de milímetro) mientras que la nanotecnología son los aparatos del orden de nanómetros (cerca de 1/50000 del diámetro de un cabello humano). Esto incluye el desarrollo de sensores microscópicos que pueden identificar cambios en las propiedades del tejido como una manera de ayudar en la cirugías para remover tejido dañado.

- Ingeniería de sistemas neuronales: éste campo interdisciplinario emergente involucra el estudio del cerebro y sistemas nerviosos, la cual abarca áreas tales como el reemplazo o restauración de la pérdida de sensibilidad y habilidades motrices (ejemplos: implantes de retina cuando la pérdida visual es parcial o estimulación eléctrica de músculos paralizados a personas en rehabilitación), el estudio de las complejidades de sistemas neuronales en su naturaleza, el desarrollo de neuro-robots (brazos robóticos que son controlados por señales motrices desde la corteza cerebral) y neuro-electrónicos (implante microelectrónico en el cerebro).

- Modelado de sistemas fisiológicos: Muy recientemente mejoraron las técnicas de diagnóstico y las innovaciones terapéuticas han sido un resultado del modelado de sistemas fisiológicos. En este campo, los modelos de procesos fisiológicos (Ej. El control del movimiento de miembros motrices, la bioquímica del metabolismo) son desarrollados para obtener un mejor entendimiento de las funciones de los organismos vivos.

- Radiología: Se refiere al uso de sustancias radioactivas tales como los rayos x, campos magnéticos como una imagen de resonancia magnética, y ultrasonido para crear imágenes del cuerpo, órganos y sus estructuras. Estas imágenes pueden ser usadas en el diagnóstico y tratamiento de males, muy usado para guiar a los doctores en cirugías con imágenes guiadas.

- Ingeniería en rehabilitación: es la aplicación de la ciencia y la tecnología para mejorar la calidad de vida en personas discapacitadas. Esto puede incluir el diseño aumentativo y diseño de sistemas alternativos de comunicación para personas que no pueden comunicarse de la forma usual, haciendo las computadoras más accesibles para personas con alguna discapacidad, desarrollo de nuevos materiales, diseños de sillas de ruedas y el desarrollo de prótesis para corredores en las olimpiadas para paralíticos.

- **Robótica en cirugía:** Incluye el uso de robótica y procesamiento digital de imágenes para asistir interactivamente con el equipo médico para que ambos ejecuten la cirugía; estas nuevas técnicas pueden minimizar los efectos secundarios de la cirugía, se pueden hacer pequeñas incisiones, reduce el traumatismo, y tiene más precisión, el costo es mucho menor.
- **Telemedicina:** muchas veces llamada también “Telesalud” o asistencia médica a distancia, involucra la transferencia de datos médico-electrónicos desde una locación a otra para evaluación, diagnóstico y tratamiento de pacientes en locaciones remotas. Se adecúa el uso de aparatos médicos en línea, tecnología de telecomunicaciones, sistemas de video conferencia y sistemas computacionales en redes. La telemedicina puede también referir hacia el uso de estas tecnologías en aprendizaje de salud a distancia.

Considerando que la UNAM ha hecho un gran esfuerzo en aprovechar los adelantos tecnológicos en beneficio de las ciencias biológicas y de la salud para generar proyectos, el amplio margen de aplicación es inmenso, y por lo tanto se abarca a cierto criterio de necesidad y de influencia para con la sociedad, por ello se hace referencia a éstas importantes áreas de la Ingeniería Biomédica considerando que se ha trabajado y se seguirá en éstas líneas de investigación, por lo que el trabajo se enfocará en la perspectiva de la Universidad Nacional Autónoma de México, por que al ser la institución que más aporta a la investigación por obiedad es la más viable para impulsar proyectos de Ingeniería Biomédica.

2.3 Tendencia académica de la Ingeniería Biomédica en algunas Instituciones del País.

2.3.1 Desarrollo de la tecnología de equipo biomédico en México.

La tecnología, con el paso del tiempo, se ha venido adecuando a las necesidades existentes de todas las sociedades, y con ello también ha venido preparando las condiciones de vida de las generaciones futuras. De esta manera, México también ha tenido que diseñar diversas estrategias acordes a los tiempos que vive, permitiéndole y exigiéndole integrarse a un mercado cada día más globalizado, no sólo como un importador permanente de productos y tecnología, sino como un productor de nuevas tecnologías, aprovechando y optimizando sus recursos humanos y materiales.

La investigación científica nos permite identificar con claridad los problemas nacionales, locales y sectoriales. De este conocimiento se derivan propuestas de acción política que

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

los gobiernos pueden aplicar para resolver los problemas. Los programas más eficaces de combate a la pobreza tienen una base de conocimiento científico, sobre todo de ciencias sociales, las cuales también han sido esenciales en la evaluación de dichos programas. En el campo de la medicina se busca, por medio del uso de la tecnología, innovar y mejorar los equipos, de manera que se optimice la calidad servicios médicos e investigación de los padecimientos propios del país. En lo particular, el conocimiento de los problemas más graves de la salud en México ha permitido que instituciones tan importantes como el Instituto Mexicano del Seguro Social, la propia Secretaría de Salud y los Institutos de Salud provean a las autoridades sanitarias de medidas eficaces para combatir epidemias, pandemias y brotes de enfermedades específicas.

Dado lo anterior, se pone en esta sección del capítulo II, los principales lugares donde en México se desarrolla la tecnología relacionada con la Ingeniería biomédica, considerando básicamente a las universidades, los hospitales y otros centros de salud como los lugares por excelencia donde se contribuye hoy en día, a la investigación y creación de tecnología biomédica en México.

2.3.2 Impulso académico al campo de la Ingeniería Biomédica.

2.3.2.1 La Universidad Autónoma Metropolitana.

En esta casa de estudios, dentro de su plantel Iztapalapa, se lleva a cabo investigación y desarrollo tecnológico a través de sus laboratorios y centros de investigación. A continuación se hace mención de algunos:

- Laboratorio de Ingeniería en fenómenos fisiológicos. En este laboratorio se mantienen las siguientes dos líneas de investigación: El monitoreo materno-fetal y la Electromiografía. A través de estas líneas de investigación se busca proponer métodos alternativos para evaluar la condición materno-fetal durante el embarazo y el desarrollo de técnicas de procesamiento y análisis de señales miográficas.
- Centro de Investigación en Instrumentación e Imagenología Médica (Ciem). Este centro tiene el fin de fortalecer la investigación, formación de recursos humanos y la vinculación entre academia, empresa y sector salud en proyectos tecnológicos de alto impacto.
- Laboratorio de Instrumentación para Medicina Crítica. En este laboratorio se han diseñado diversas investigaciones y tecnologías, entre los que se destaca una sonda espectroscópica, instrumento de monitoreo, que será llevado al mercado en

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

alianza con la empresa Innovamédica. Con dicha sonda se detectaron que uno de los primeros síntomas que anuncia la falla orgánica múltiple es un cambio en la mucosa gastrointestinal.⁵



Figura 6. “El 56 por ciento de los pacientes que entran a terapia intensiva tienen trastornos en esas mucosas, posiblemente debido a la deficiente irrigación sanguínea en las vísceras”

2.3.2.2 La Universidad Iberoamericana.

La universidad cuenta con el Centro de Ingeniería y tecnología de Rehabilitación (CITeR) en el que existe un laboratorio de uso académico con equipo especializado tanto en la atención a pacientes como en el desarrollo de los proyectos realizados por los alumnos. El CITeR, junto con la Coordinación del Programa de Ingeniería Biomédica de la Universidad Iberoamericana, estableció la línea de investigación denominada “Desarrollo y Aplicaciones de Instrumentación, Dispositivos y Sistemas para el Área de la Salud”. Dentro de esta línea se están desarrollando proyectos en beneficio directo de la población con discapacidad. Los servicios y proyectos en desarrollo son los siguientes:

- El CITeR ofrece servicios de ingeniería para el diseño y fabricación de equipos, dispositivos y sistemas personalizados para resolver necesidades específicas de personas con discapacidad.

⁵ Fuente: <http://www.invdes.com.mx>.

- Desarrollo de aparato de comunicación aumentada para personas con discapacidad. El objetivo es desarrollar un sistema de comunicación oral, a través de un sistema de comunicación aumentada conversacional para personas con discapacidades. Las metas de este proyecto son: Desarrollar el software para un aparato de comunicación aumentada con salida de voz, para personas con discapacidad física y evaluar el funcionamiento del software desarrollado mediante pruebas con pacientes con discapacidades que no pueden expresarse verbalmente.



Figura 7 “Implementación de proyectos realizados en la UIA”

- Desarrollo de espuma plástica para asientos conformados. Objetivo general de este es el transferir la tecnología desarrollada a terapeutas especialistas en atención a niños con discapacidades físicas, lográndolo a través de la producción de lotes de 30 unidades o kits de espuma, evaluando por medio de un estándar, la calidad de la espuma de cada lote producido, proporcionando asientos conformados a niños y adultos con discapacidades físicas y de bajos recursos y organizando un curso para terapeutas en donde se les enseñe a fabricar asientos conformados.

2.3.2.3 El Instituto Politécnico Nacional.

En el IPN cuenta principalmente con dos unidades profesionales donde se lleva las principales aportaciones en cuanto a investigación y desarrollo de tecnología. El primero es la Unidad Profesional Interdisciplinaria en Tecnología y Tecnologías Avanzadas (UPIITA), donde se realizan investigación y desarrollo tecnológico. La segunda es la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología (UPIBI), donde se llevan a cabo diversas investigaciones y desarrollos tecnológicos, tales como el “Análisis de prueba de esfuerzo en tejido óseo descalcificado”.

2.3.2.4 El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

El CONACYT es el responsable de elaborar las políticas de ciencia y tecnología en México y de impulsar su desarrollo científico y la modernización de la Tecnología. Este cuenta con 9 centros de desarrollo tecnológico distribuidos en la República, de los cuales 2 cuentan con áreas de trabajo en Ingeniería Biomédica. Dichos centros son los siguientes:

- Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas, CIATEC. Con sede en Guanajuato y subsele en Jalisco, mantiene las siguientes líneas de investigación a cuanto Bioingeniería: Diseño ergonómico y ortopédico de calzado; Desarrollo de calzado especializado; Estudios antropométricos en 3D en calzado y guantes; Evaluación biomecánica de calzado; Estudio de los movimientos del cuerpo humano; Estudios de fuerzas en la marcha humana; Estudio de equilibrio y balance del cuerpo humano; Amortiguación y transmisión de fuerzas de impacto en la marcha; Diseño de equipos de prueba.
- Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, CIDESI, con sede en Querétaro y subsele en San Luis Potosí, considera dentro de sus servicios en Electrónica Aplicada: Ofrecer servicios en el desarrollo de sistemas electrónicos para la generación de valor, mediante la innovación y creación de nuevos productos orientados a satisfacer las necesidades prioritarias. En el campo de la Ingeniería Biomédica su tarea es entorno a la tecnologías en el monitoreo y diagnóstico de la salud.



Figura 8 “Instalaciones del CONACYT”

2.3.2.5 El Instituto Nacional de Rehabilitación (INR).

El INR es una Institución única en su género en México y América Latina, cuya misión es abatir la incidencia de la discapacidad que generan en una importante proporción, los servicios de atención médica que reducen la letalidad a expensas de dejar secuelas discapacitantes. Esta importante institución cuenta con diversas áreas de investigación en el cual son imprescindibles la Ingeniería biomédica para el desarrollo de la tecnología. Los departamentos son: Ingeniería Biomédica, Desarrollo Tecnológico, Ingeniería de Rehabilitación y el departamento de Análisis de Movimiento Humano. A continuación se hace mención de las principales funciones relacionadas con el desarrollo tecnológico y sus actuales desarrollos:



Figura 9 “El Instituto Nacional de Rehabilitación”

- Departamento de Ingeniería Biomédica. Entre sus múltiples responsabilidades y funciones, está la siguiente, relacionada con el desarrollo tecnológico: Participar en los proyectos de diseño y remodelación de áreas, modificación o adaptación de tecnología.

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

- Departamento de Desarrollo Tecnológico. Su función relacionada al desarrollo tecnológico consiste en establecer la metodología para el diseño, desarrollo e implementación, mediante el seguimiento, evaluación de avances, solución de problemas y finiquito de los proyectos de investigación tecnológica. Actualmente es responsable de los siguientes proyectos en desarrollo: “Sistema de Análisis de movimiento para cirugía de la mano”, “Sistema de Bioretroalimentación para Medicina de Rehabilitación”, “Interfaz de Comunicación para equipo de Audiometría” y “Sistema de Administración de Equipo Médico”.
- Departamento de Ingeniería de Rehabilitación. Este departamento tiene entre sus principales funciones el diseño, desarrollo y construcción de aparatos e instrumentos para diagnóstico, tratamiento e investigación biomédica en rehabilitación, ortopedia, ingeniería de tejidos, medicina del deporte y comunicación humana. Los actuales proyectos de desarrollo son los siguientes: “Prevención de úlceras por presión en lesionados medulares, usuarios de sillas de ruedas a través de sistemas de liberación de presión”, “Diseño, fabricación y evaluación de un controlador de aparatos electrodomésticos para personas con discapacidad”, “Diseño y construcción de una cama motorizada para uso casero para personas con lesión medular” “Diseño y construcción de un abre puertas automático casero para usuarios de sillas de ruedas” y “Percutor implantable para aceleración de la consolidación de no-uniones óseas”.
- Departamento de Análisis de Movimiento Humano. Las funciones de este departamento son las siguientes: Proporciona instrumentación y técnicas que ayudan al médico especialista y/o al investigador a obtener una valoración cuantitativa de parámetros del movimiento de los pacientes y medir los movimientos del cuerpo humano con precisión, para identificar el control neuromuscular anormal, desórdenes biomecánicos, procesamiento de movimientos deportivos y prevención de lesiones. Actualmente cuenta con los siguientes desarrollos tecnológicos: “Desarrollo de Software y Algoritmos para el Análisis de datos y bases de datos generados por los equipos computarizados para el estudio de movimiento humano” y “Desarrollo de Equipo e Instrumentación para la medición de movimiento humano, rehabilitación, y procedimientos quirúrgicos”.

2.4 La ingeniería Biomédica desde la perspectiva de la UNAM y sus proyectos.

El tema de la Ingeniería Biomédica parte, por supuesto, en la Facultad de Ingeniería con el plan de instaurar y crear un campo de aplicación a las ciencias médicas y biológicas. Como principio se parte en el año 1977, justo después de que Instituciones como la Universidad Iberoamericana (UIA) y la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) ingresaron en su plan de estudios la carrera de Ingeniero Biomédico, pero solo como proyectos de investigación y no como carrera profesional; pero no fue sino hasta el año 2001 en la administración del Dr. Juan Ramón de la Fuente como rector de la UNAM que se hace más tangible el proyecto y se inicia implementando un módulo terminal para las carreras siguientes: Ingeniería Eléctrica-Electrónica, Ingeniería en Computación, Ingeniería en Telecomunicaciones, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Mecatrónica.

Todo esto se hizo pensando en las necesidades que no cubrían las demás instituciones antes mencionadas (UIA, UAM) debido a que éstas se enfocan en la Ingeniería en Rehabilitación e Ingeniería Clínica las cuales tienen dominados estos campos. La idea de la UNAM respecto a la Ingeniería Biomédica es tener una multidisciplina derivada de los perfiles de las carreras a las que se dirigió el módulo terminal; siendo así que éstas carreras pudieran manejar las áreas diferentes de la Ingeniería Biomédica (mencionadas en el Capítulo 3) considerando los riesgos que implica llevar una multidisciplina hablando como Ingeniero; esto es que al estar en un campo laboral o de investigación se tiende a laborar y/o experimentar en una sola línea de trabajo y no explotar esas aptitudes de multidisciplina.

Por otro lado, es más factible que de las 5 carreras que toman el módulo terminal se pueda tener más criterio aplicable a la ciencia médica, como por ejemplo no solo el administrar departamentos o la dirección de un hospital, sino dar soluciones técnicas como lo puede ser diseño o reparación instalación eléctrica en el caso de los Ingenieros Eléctricos-Electrónicos, la administración de redes computacionales, mantenimiento preventivo y/o correctivo de equipo de cómputo en el caso de los Ingenieros en Computación, claro que esto es en el campo laboral y de acuerdo al perfil de cada ingeniería. Siguiendo el orden de ideas de la Ingeniería Clínica se puede sugerir que el área de Ingeniería Industrial puede sobresalir en este campo, debido a la formación que se tiene en la Facultad de Ingeniería, pudiendo aportar sus conocimientos en administración, desarrollo y gestión de proyectos y procesos de producción.

Todo este planteamiento sería imposible e inadecuado sin la vinculación con la ciencia médica que se ve representada por la Facultad de Medicina, la cual tiene mucho que ver con la mayor parte de los proyectos de investigación médica que se producen en el país. Aunque hablando dentro de la Universidad misma, la vinculación no es la mejor posible, es decir los proyectos vigentes que existen en el CCADET (Centro de Ciencias Aplicadas al Desarrollo Tecnológico) y en la Facultad de Medicina no tienen que ver uno con el otro.

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

Los proyectos se trabajan por separados y sin la injerencia alguna de las instituciones dominantes en estos campos.

La Facultad de Medicina tiene la necesidad de conocer y dominar lo que a Ingeniería Biomédica le compete, por que en la actualidad no se puede concebir un diagnóstico médico sin los aparatos e instrumentos electrónicos pertinentes, es por eso que se justifica la coordinación entre las dos facultades para los objetivos que la investigación requiere. Se sabe que dependencias médicas (IMSS, SSA, ISSSTE) inician proyectos coordinados con la Facultad de Medicina y que el fin tiene que ver para beneficio del hospital en primera instancia, y en segunda la participación de los estudiantes como personal activo del proyecto.

Pero la tendencia es la misma que en otras Universidades, por que actualmente en la UNAM se le da más auge a áreas como la telemedicina, telesalud y rehabilitación, por supuesto en coordinación con instituciones como el IMSS y el Instituto de rehabilitación

La UNAM tiene grandes aportaciones sobre tecnología en nuestro país, y son a través de sus Facultades, Institutos y Centros de Investigación y programas de apoyo al desarrollo tecnológico los lugares donde se desarrolla la Ingeniería Biomédica dentro de esta casa de estudios. De manera particular se exponen algunos casos donde se desarrolla alguna tecnología o investigación relacionada a esta, considerando los casos de la Facultad de Ingeniería y otras facultades, y el Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico.

La Facultad de Ingeniería. Dentro de la Universidad, la facultad donde hay mayor desarrollo tecnológico principalmente, es dentro de la Facultad de Ingeniería.

- En el departamento de Ingeniería en Computación, de la División de Ingeniería Eléctrica (DIE), actualmente está desarrollando un proyecto llamado “Módulo de monitoreo de eventos con sensor biométrico”, y actualmente también tiene un convenio en trámite con el IMSS.
- Dentro del departamento de Control de la DIE se da prioridad al área de la Ingeniería Biomédica, manteniendo 7 áreas de investigación: Telemedicina; Procesamiento de Imágenes médicas, Instrumentación para la investigación y la rehabilitación, Biomecánica, software especializado, Estadística médica y BIOMEMS. Los proyectos que se han manejado son los siguientes: “Diseño de una Red Neuronal artificial con VHDL e implementación de un FPGA”, “Desarrollo de herramienta de pre-diagnóstico, consulta y educación médica continua a distancia en los tres niveles de atención médica”

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.



Figura 10 “Instalaciones Departamento de Ingeniería Eléctrica, UNAM (DIE)”

- El departamento de Procesamiento de Señales, aunque actualmente no desarrolla algún proyecto en particular, cuenta con la siguiente un área de investigación dedicada a la Biomedicina.
- El Laboratorio de caracterización de materiales, o laboratorio de Biomems de la Facultad de Ingeniería⁶, permite el desarrollo de nuevas tecnologías⁷ usando nuevos materiales biodegradables o de larga duración. Este es un nuevo proyecto de gran magnitud que contribuirá, entre diversos campos, al desarrollo de marcapasos inteligentes, y con ello se adaptaría a una aplicación médica una tecnología de microacelerómetros y giroscopios, utilizada hasta ahora en la industria automotriz.

Otras Facultades.

- La Facultad de Ciencias, cuenta con el laboratorio de Cibernética “Alejandro Medina” que es dedicado a la investigación para el área de Física. En dicho lugar, se realizan tesis relacionadas con la Ingeniería Biomédica, tanto a nivel licenciatura y posgrado. Una de la tesis vigentes es la de “Generación de la

⁶ Laboratorio de reciente creación, con una inversión de de 20 millones de pesos, apoyados por la Secretaría de Economía a través del fondo PYME.

⁷ En este caso, el desarrollo se realizará en conjunto con el Instituto de Investigaciones Biomédicas, donde se podría hacer uso de polímeros biodegradables patentados por la Facultad de Química.

locomoción de un robot hexápodo LEGOMINDSTORMS por medio de osciladores inspirados en redes neuronales biológicas"⁸.

- En la Facultad de Psicología también se hacen esfuerzos en este ámbito, por lo que cuenta con su propia área de desarrollo dentro de un departamento de Ingeniería, el cual entre las diversas labores se encuentra un proyecto de próxima creación, este es un “Sistema de Adquisición de Datos de Señales Fisiológicas” que pretende dar solución a nuevas prácticas coordinadas por el departamento de Laboratorios de dicha facultad.

El Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET). Es un centro multidisciplinario en el que se conjuntan las actividades de investigación y desarrollo tecnológico para proyectos de alto alcance dirigidos a resolver problemas relevantes del entorno.

- Dentro su Departamento de Instrumentación y Medición tiene entre sus líneas de investigación a la Instrumentación Biomédica, y actualmente se tiene un proyecto en curso titulado “Desarrollo de un Probador de Válvulas Cardiacas (Fase II)”.
- En el Departamento de Micromecánica y Mecatrónica se mantienen los siguientes tres proyectos en curso: “Proyecto de Integración Académica CCADET (PIA)”, “Corte de precisión de tejido biológico por medio de rayo láser para bioprótesis cardiacas”, “Desarrollo de Simuladores Computarizados para entrenamiento en Endoscopía” y “Desarrollo e innovación de bioprótesis cardiacas”.



Figura11Instalaciones Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET)”

⁸ Los tesisistas son Nicolás Vicente Flores y Yuri Sebastián Martínez de la Facultad de Ingeniería de la carrera en Ingeniería Electrónica.

[CAPÍTULO III: COMPARATIVA DEL MÓDULO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA EN LA UNAM CON OTRAS INSTITUCIONES.]

3.1.- Introducción. 3.2.- Concepto de un plan de estudios. 3.3.- Objetivo de un plan de estudios. 3.4.- Clasificación de asignaturas. 3.5.- Sistema de créditos académicos. 3.6.- Objetivos y características de las carreras seleccionadas para las comparativas a realizar. 3.7.- Objetivos del módulo de Ingeniería Biomédica de la Facultad de Ingeniería. 3.8.- Comparación de los planes de estudio.

3.1 Introducción.

Las universidades que imparten la carrera de Ingeniería Biomédica dentro de la zona metropolitana de la Ciudad de México son tres, y mencionadas en orden según el año de fundación de la carrera son: La Universidad Iberoamericana (1973), la Universidad Autónoma Metropolitana (1974) y el Instituto Politécnico Nacional (1988), estas dos últimas brindan la carrera a nivel licenciatura y a nivel posgrado. La UNAM propiamente no ofrece esta licenciatura¹, sin embargo tres de las carreras de Ingeniería que se imparten en esta casa de estudios (Eléctrica Electrónica, Computación, Mecánica y Mecatrónica) pueden cursar un módulo de Ingeniería Biomédica². El módulo de Ingeniería biomédica es uno de los módulos terminales, los cuales permiten encaminar la formación del egresado hacia alguna de las áreas del campo de trabajo de la ingeniería, de una manera estructurada y ordenada, enfocándose a las áreas de mayor demanda laboral. Dicho módulo, tiene la finalidad de brindar a los egresados de estas carreras los conocimientos que, aunados a la formación científica y tecnológica que provee la Facultad de Ingeniería, les permitan ampliar su horizonte profesional, sus posibilidades de empleo y su motivación para dedicarse a la investigación básica o aplicada en áreas relacionadas al sector de la salud, continuando su preparación académica mediante la realización de estudios de posgrado en el área de la Ingeniería Biomédica. Este módulo está bajo el cuidado del Departamento de Ingeniería de Control de la División de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería.

En este capítulo se presentarán los objetivos, los planes de estudio y sus características, de la carrera Ingeniería Biomédica impartida en estas universidades debido a que son las más cercanas al área de desarrollo de las carreras a considerar en la UNAM, y se incluirán las carreras impartidas en la UNAM que pueden cursar el módulo de Ingeniería Biomédica. Posteriormente se harán diversas comparativas con la finalidad de poder hacer un análisis sobre las características de cada carrera y obtener conclusiones que nos permitan determinar la tendencia de cada plan de estudio, y ver cómo estos datos pueden ayudar a mejorar la perspectiva de esta carrera dentro de la Facultad de Ingeniería.

¹ A nivel licenciatura no existe en la UNAM la carrera de Ingeniería Biomédica, sin embargo la Facultad de Ciencias ofrece una Maestría en Física Médica que, a nivel de posgrado, ofrece una formación cercana a la ingeniería biomédica. Para ingresar se ha de aprobar un examen de admisión que evalúa las áreas de Mecánica Clásica, Electricidad y Magnetismo, Termodinámica, Física Cuántica y Física Moderna. Fuente: http://www.fisica.unam.mx/fismed/index.php?option=com_frontpage&Itemid=1

² En el 2002 se procedió la adición de asignaturas optativas relacionadas con el área de ingeniería biomédica a las carreras de Ingeniería Eléctrica Electrónica, Ingeniería en Computación, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Mecatrónica.

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

3.2 Concepto de un Plan de estudios.

Un plan de estudios define los contenidos y procesos educativos cuyo fin es la formación profesional y disciplinaria de los alumnos. Sin embargo, una definición formal que pueda dar mayor claridad, está contenida en la *Guía operativa para la elaboración, presentación y aprobación de proyectos de creación y modificación de planes y programas de estudio de licenciatura*. De acuerdo a esta guía, un plan de estudios es:

“Un proyecto de formación profesional y disciplinario en el que se expresan los fines y objetivos del proceso formativo que se desarrollarán mediante la enseñanza de un conjunto de contenidos, actividades y experiencias de aprendizaje agrupadas con base en criterios y fines previamente establecidos, con un sentido de unidad y continuidad en sus programas que da coherencia a los estudios que se realizan en cada carrera o disciplina”.³

Debido a la importancia de lo anterior, los planes de estudio de las universidades a comparar en este capítulo, deben satisfacer los compromisos de estas instituciones con la sociedad Mexicana, determinando a la vez, su capacidad para dar respuesta a los requerimientos actuales y futuros, y, de manera significativa, a la contribución institucional al desarrollo del país.

3.3 Objetivo de un plan de estudios.

Dado que el plan de estudios es la expresión de los fines y objetivos de un proceso formativo, y refleja a su vez las aspiraciones de las casas de estudio, es importante presentar en qué consisten los objetivos en un plan. De acuerdo a la *Guía operativa para la elaboración, presentación y aprobación de proyectos de creación y modificación de planes y programas de estudio de licenciatura*, los objetivos de un plan de estudios:

“Constituyen el logro educativo amplio que se espera alcanzar durante el desarrollo del proceso formativo [durante la licenciatura] y al término del mismo”.⁴

³ Guía operativa para la elaboración, presentación y aprobación de proyectos de creación y modificación de planes y programas de estudio de licenciatura, Secretaría General de la UNAM, Unidad de apoyo a los consejos académicos de área, 2006, pp 10

⁴ Plan y programas de estudios de la licenciatura de ingeniería en computación. Aprobado por el Consejo Técnico de la Facultad de Ingeniería los días 25 de febrero, 17 de marzo y 16 de junio de 2005.
http://www.ingenieria.unam.mx/revplanes/planes2006/_fundamentaciones/fund_computacion.pdf, *pp 26 y 27

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

Otras significaciones del objetivo se debe a lo siguiente⁵:

- Muestra su relevancia para la formación del estudiante en el campo de estudios, para dar respuesta a las necesidades científicas, humanísticas, tecnológicas, económicas, sociales y culturales de la sociedad.
- Promueve en los alumnos la construcción de conocimientos y la adquisición de habilidades y destrezas, desde una perspectiva crítica, rigurosa y actualizada, que permita el desarrollo profesional al más alto.
- Propicia procesos formativos cuya estructura y organización sean flexibles y con enfoques interdisciplinarios o multidisciplinarios, formulada en un nivel de generalidad tal que sea congruente con los fines educativos de la Universidad.
- Constituyen un patrón de comparación o parámetro de calidad y pertinencia de la formación profesional o disciplinaria.

3.4 Clasificación de Asignaturas.

Con la finalidad de comparar los diferentes planes de estudio de las universidades ya presentadas, y así poder establecer mejores líneas que puedan ayudar a determinar las debilidades y fortalezas de la enseñanza de la Ingeniería Biomédica en la UNAM, es importante tener un parámetro que nos permita clasificar los diferentes tipos de materias que se contemplan en cada plan. Por tal motivo, la clasificación a adoptar será de acuerdo a la actual estructura curricular del plan de estudios de las carreras que se ofrecen en la Facultad de Ingeniería, por los siguientes motivos:

- La estructura curricular del plan de estudios de las carreras impartidas en la Facultad de Ingeniería se clasifican en áreas bien definidas: Ciencias Básicas, Ciencias de la Ingeniería, Ingeniería Aplicada, Ciencias Sociales y Humanidades, y el área de materias complementarias o convenientes a la formación del Ingeniero.
- Con esa estructura, se podrá comparar los planes de estudios de la Facultad de Ingeniería con el de las otras instituciones de educación superior.

⁵ Plan y programas de estudios de la licenciatura de ingeniería en computación, Aprobado por el Consejo Técnico de la Facultad de Ingeniería los días 25 de febrero, 17 de marzo y 16 de junio de 2005. Pags. 26 y 27 .
http://www.ingenieria.unam.mx/revplanes/planes2006/_fundamentaciones/fund_computacion.pdf

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

- La clasificación adoptada por la Facultad de Ingeniería es congruente con la clasificación del Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería (CACEI).⁶

A continuación se explica el contenido de las cinco áreas.

En el área de Ciencias Básicas se incluyen las asignaturas que brindan los fundamentos científicos necesarios en física, matemáticas y química para comprender las teorías y fundamentos científicos de las carreras de Ingeniería en general.

La Ciencias de la Ingeniería es el área que constituye los conocimientos básicos y fundamentales de la carrera, tanto científicos como tecnológicos, estructurando las teorías de la Ingeniería mediante la aplicación de las Ciencias Básicas.

El área de Ingeniería Aplicada permite hacer uso de las Ciencias de la Ingeniería para planear, diseñar, evaluar, construir, operar y conservar proyectos de Ingeniería. En esta área se incluirán, en el caso de la UNAM, las asignaturas correspondientes al módulo terminal de Ingeniería Biomédica.

El área de Ciencias Sociales y Humanidades tiene la finalidad de complementar la formación social y humanística del ingeniero.

El área denominada Otras asignaturas, son un grupo de asignaturas que tienen la finalidad de complementar la formación del egresado en otros conocimientos (que no corresponden a los tipos antes mencionados), brindándole mayor competencia profesional en el mercado laboral.



Figura 1 “Clasificación de las asignaturas para la licenciatura en Ingeniería.”

⁶ El CACEI es el Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, es una asociación civil fundada en 1994, y tiene como fin el establecer procesos de evaluación con fines de acreditación que revisen la función social, suficiencia y calidad del servicio que prestan las instituciones de educación superior.

3.5 Sistema de créditos académicos.

De acuerdo a la XIV Asamblea de la Asociación Nacional de Universidades en Instituciones de Educación Superior (ANUIES), para el establecimiento de un sistema de créditos, se adoptan por definición que un Crédito es la unidad de valor o puntuación de una asignatura, que se computa en la siguiente forma:

1. En actividades que requieren estudio o trabajo adicional del alumno, como en las clases teóricas y en los seminarios, una hora de clase-semana-semester corresponde a dos créditos.
2. En actividades que no requieren estudio o trabajo adicional del alumno, como las prácticas, los laboratorios y los talleres, una hora-semana-semester corresponde a un crédito.
3. El valor en créditos de actividades clínicas y de las prácticas para el aprendizaje de la música, las artes plásticas y las asignaturas de preparación para el trabajo, se computarán globalmente según su importancia en el plan de estudios y a criterio de los cuerpos académicos correspondientes.
4. Los créditos se expresarán siempre en números enteros y corresponderán a quince semanas efectivas de clase. Además esta duración será la mínima para un semestre lectivo. Los créditos para los cursos de extensión menor a un semestre se computarán proporcionalmente a su duración y número de horas de clase por semana.⁷

También es importante saber lo que la *Guía operativa para la elaboración, presentación y aprobación de proyectos y modificación de planes y programas de estudio de licenciatura* señala sobre los créditos académicos. Según la guía, para establecer la duración de una carrera, el número de semestres en los que se cursará los planes de estudios, se toma en cuenta que un plan del nivel licenciatura debe tener un mínimo de 300 créditos y un máximo de 450. Con la determinación de este componente, se puede establecer la carga de trabajo académico –pensum académico– que tendrá el alumno a lo largo de su formación. Esto es relevante para la planeación de los procesos de enseñanza y aprendizaje, ya que una carga excesiva puede incidir

⁷ "Acuerdos de Tepic". En: Revista de la Educación Superior. ANUIES, Vol. 1, N° 4, octubre-diciembre, 1972.

en un desempeño escolar inadecuado y tener efectos negativos en la trayectoria escolar de un número importante de alumnos.⁸

Por ello en los planes de estudio, se otorgan un número de créditos por cada asignatura, proceso en el que se valoran los objetivos educativos que se satisfacen como parte de la currícula, el grado de dificultad en su aprendizaje y el tiempo en que se cubre el programa correspondiente.

En conclusión, utilizando la misma nomenclatura y valoración de la ANUIES, en los créditos académicos se considera que una hora de clase teórica por semana- semestre genera otra hora de estudio extra-clase para el estudiante, por lo cual se le asignan 2 (dos) créditos; por otro lado una hora de clase práctica implica la aplicación de los conocimientos, por lo cual se le asigna el valor de 1 (uno) crédito.

Por lo tanto de este sistema de créditos académicos se tiene lo siguiente:

1 hora de clase teórica = 2 créditos

1 hora de clase práctica = 1 crédito

Así para una asignatura de 3 horas teóricas y 2 horas prácticas tendremos 8 créditos

3 horas teóricas = 6 créditos

2 horas prácticas = 2 créditos

Total = 8 créditos

Véase la Figura 2 como ejemplo:

**Lista de asignaturas del plan de estudios de la Licenciatura
de Ingeniería Eléctrica Electrónica de la Facultad de Ingeniería (2005)**

CLAVE	DENOMINACIÓN DE LA ASIGNATURA	MODALIDAD	CARÁCTER	TIPO DE ASIGNATURA		CRÉDITOS
				HORAS / SEMANA		
				TEÓRICAS	PRACTICAS	
PRIMER SEMESTRE						
	Algebra	Curso	Obligatoria	4.5		9
	Calculo Diferencial	Curso	Obligatoria	4.5		9
	Geometría Analítica	Curso	Obligatoria	4.5		9
	Química y Estructura de Materiales	Curso, laboratorio	Obligatoria	4	2	10
	Cultura y Comunicación	Curso	Obligatoria	3		6

Figura 2 “Ejemplo de obtención de créditos en base a horas teóricas y horas prácticas.”

⁸ *Guía operativa para la elaboración, presentación y aprobación de proyectos de creación y modificación de planes y programas de estudio de licenciatura, Secretaría General de la UNAM, Unidad de apoyo a los consejos académicos de área, 2006, pp 10

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

3.6 Objetivos y características de las carreras seleccionadas para las comparativas a realizar.

De acuerdo a lo anterior, ahora se presentarán las características y objetivos de las carreras de Ingeniería Biomédica que se imparten en las universidades de la zona metropolitana de la Ciudad de México: Universidad Iberoamericana, Universidad Autónoma Metropolitana e Instituto Politécnico Nacional. También se presentarán tres carreras de la Universidad Nacional Autónoma de México que contemplan el módulo de la Ingeniería Biomédica. Los planes de estudio de estas carreras se pueden consultar en el Anexo 1.

3.6.1 La licenciatura en Ingeniería biomédica en la Universidad Iberoamericana.

Objetivo de la carrera.

“El objetivo del programa de Ingeniería Biomédica es preparar profesionales con una sólida formación ética y cultural, así como una capacitación científica y tecnológica que los habilite para prestar servicios útiles a la sociedad en: la gestión tecnológica en el sector salud, el diseño y fabricación tanto de equipamiento médico especializado como de dispositivos y sistemas para una mejor integración familiar, social y laboral de las personas con discapacidad.”⁹

Características del plan de estudio.

El plan de estudios de la carrera impartida por la UIA está dividido en cinco áreas: Materias del área Básica, que se refieren a las materias de las ciencias básicas de la Ingeniería, y que son impartidas durante los primeros tres semestres de la carrera, los créditos correspondientes son 120; las materias del área Mayor se refiere a las asignaturas de ciencias de la ingeniería, que le corresponden 172 créditos; el Área Menor se refiere al proyecto de Ingeniería biomédica y a las materias optativas, le corresponden 58 créditos; las materias del área de Reflexión universitaria son materias de humanidades, ciencias sociales y religión, que le corresponden 32 créditos; por último se tiene al área de Servicio social, compuesto por una materia que tiene por objetivo relacionar el quehacer profesional con la responsabilidad social, asumir una postura personal y profesional ante la problemática social del país y vincular la experiencia de servicio social con su proceso

⁹ Objetivos del Programa. Fundamentos. Licenciatura en Ingeniería Biomédica. Texto extraído del sitio Web de la UIA. Fuente: <http://www.uia.mx/web/site/tp1-Nivel2.php?menu=adAspirantes&seccion=IBiomedicafundamentos>

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

formativo, le corresponde 16 créditos. La duración de la carrera es de 9 semestres y el mínimo de créditos requeridos para optar por el título es de 398 créditos.

3.6.2 La licenciatura en Ingeniería Biomédica en la Universidad Autónoma Metropolitana.

Objetivo de la carrera.

“Formar ingenieros con una sólida base científica humanística y técnicas, capaces de aplicar conocimiento, técnicas y herramientas de las matemáticas, las ciencias, la computación y la ingeniería con la finalidad de diseñar, desarrollar, aplicar y optimizar tecnologías enfocadas a la resolución de los problemas interdisciplinarios de la ingeniería y la medicina, así como del uso y aprovechamiento de la tecnología propia de los sistemas de atención a la salud.”¹⁰

Características del plan de estudios.

Este plan de estudios se caracteriza por estar dividido en cinco niveles: El primer nivel o tronco general se refiere a la impartición de las ciencias básicas de la Ingeniería y que son impartidas durante los primeros tres trimestres (I, II y III), correspondientes a 126 créditos; el segundo nivel o tronco básico profesional, se refiere a las asignaturas propias de la ingeniería y sus asignaturas son impartidas durante los seis trimestres restantes (IV, V, VI, VII, VIII y IX), correspondientes 213 créditos; el tercer nivel o etapa complementaria se refiere a las asignaturas optativas de las áreas Ciencias Básicas e Ingeniería, Ciencias Naturales, Ciencias Biológicas y de la Salud, y Ciencias y Artes para el Diseño de la UAM, correspondientes a un mínimo de 72 créditos y un máximo de 84. El cuarto nivel lo compone la etapa de formación social y humanista y son impartidas durante nueve trimestres (IV a XII), correspondientes a un mínimo de 40 créditos y un máximo de 50. El último y quinto nivel o etapa de integración, tiene el objetivo de que el alumno sintetice los conocimientos y habilidades adquiridos en su formación para analizar, planear la solución y resolver un problema específico de Ingeniería Biomédica, le corresponden 21 créditos. Su duración es de 12 trimestres, aproximadamente 3 trimestres por año, el total de créditos es 472 como mínimo y 494 máximo.

¹⁰ Fuente: Plan de estudios aprobado por el Colegio Académico de la UAM, plantel Iztapalapa. Extraído del sitio Web de la UAM: http://www.uam.mx/licenciaturas/pdfs/22_6a.pdf

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

3.6.3 La licenciatura en Ingeniería Biomédica en el Instituto Politécnico Nacional.

Objetivo de la carrera:

“El objetivo de la carrera de Ingeniería Biomédica es contribuir a la resolución de los problemas nacionales relacionados con el diseño, construcción, adquisición, instalación, puesta en marcha y conservación de equipo médico así como de unidades físicas de atención a la salud en un contexto del cuidado del medio ambiente.”¹¹

Características del plan de estudio.

El plan de estudios de la carrera en Ingeniería Biomédica de la Unidad Profesional Interdisciplinaria en Biotecnología (UPIBI) del IPN se conforma por ocho niveles o semestres con un total de 438 créditos correspondientes 65 asignaturas, distribuidas de la siguiente forma: 60 son asignaturas obligatorias, 3 son asignaturas optativas y 2 son asignaturas electivas.

3.6.4 Objetivos y características de las carreras de la Facultad de Ingeniería que ofrecen el módulo de Ingeniería Biomédica.

En este apartado se muestran los objetivos y los planes de estudio de las carreras Ingeniería Eléctrica Electrónica, Ingeniería en Computación e Ingeniería Mecánica que se imparten en la Facultad de Ingeniería, tomando en cuenta sus respectivos módulos de Ingeniería Biomédica.

Objetivo de la carrera Ingeniería Eléctrica Electrónica.

De acuerdo al documento *Plan y programas de estudios de la licenciatura de Ingeniería Eléctrica Electrónica*, el objetivo de esta carrera es el siguiente:

“La carrera de Ingeniero Eléctrico Electrónico tiene como objetivo fundamental la formación de profesionales de alto nivel en el campo de la Ingeniería Eléctrica y Electrónica con capacidad de diseñar, generar tecnología, innovar, desarrollar, integrar, planear y poner en operación a los sistemas eléctricos y electrónicos, los

¹¹ 11. Fuente: http://148.204.103.12/contenido/conocenos/datosUR_wps.cfm?docPlanEstudios=UPIBI_ING_BIOMED&idnivel=&idur=144#planEstudio

cuales se apliquen a sectores diversos como son el de comunicaciones, eléctrico, salud, transporte industrial y de servicios, contemplando y manteniendo siempre altos niveles de calidad para elevar la productividad y la competitividad de las empresas y el bienestar de la sociedad.”¹²

Organización del plan de estudios de la carrera Ingeniería Eléctrica Electrónica:

El plan de estudios propuesto contempla 39 asignaturas obligatorias y 9 asignaturas optativas (en total 400 créditos mínimo, de los cuales son 346 créditos de asignaturas obligatorias y 54 créditos mínimo de asignaturas optativas) ambas divididas en las cinco áreas siguientes: ciencias básicas, ciencias de la ingeniería, ingeniería aplicada, ciencias sociales y humanidades y otras que se imparten a lo largo de 9 semestres. Estos conocimientos aparecen contenidos en las ciencias básicas de física, química y matemáticas, los cuales son fundamentales para las ciencias de la ingeniería, en aspectos y metodologías específicos de la Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Por lo tanto, el plan en general incluye a las ciencias básicas y aspectos relevantes de eléctrica, electrónica, comunicaciones, control y computación, conjugados de tal manera que permitan un dominio claro de la ingeniería eléctrica y electrónica.¹³

Objetivo de la carrera Ingeniería en Computación.

De acuerdo al documento *Plan y programas de estudios de la licenciatura de Ingeniería en Computación*, el objetivo de esta carrera es el siguiente

“El objetivo general de la carrera de Ingeniero en Computación es el formar un profesional de alto nivel científico y tecnológico, con conocimientos sólidos y generales que le permitan ser capaz de identificar, analizar, planear, diseñar, organizar, producir, operar y dar soporte a los sistemas electrónicos (Ingeniería de Hardware) para el procesamiento digital de datos y control de procesos, a los sistemas de programación tanto de base como de aplicación (Ingeniería de Software); al desarrollo e investigación en las ciencias de la computación; a los sistemas de comunicación y seguridad (Redes de datos), a los sistemas de bases de datos, a los sistemas inteligentes y sistemas de cómputo gráfico; que le permitan

¹² Plan y programas de estudios de la licenciatura de Ingeniería Eléctrica Electrónica, Aprobado por el Consejo Técnico de la Facultad de Ingeniería los días 25 de febrero, 17 de marzo y 16 de junio de 2005.

¹³ Información obtenida del sitio Web de la Dirección General de Administración Escolar de la UNAM:
https://www.dgae.unam.mx/planes/f_ingenieria/Ing-elec.pdf

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

responder a las necesidades que se presentan en el campo de trabajo de la ingeniería en computación.”¹⁴

Organización del plan de estudios de la carrera Ingeniería en Computación:

El plan de estudios propuesto de la carrera de ingeniería en computación está elaborado para cursarse en 9 semestres un total de 50 asignaturas (408 créditos), de las cuales 8 son optativas, clasificadas en 5 áreas del conocimiento ciencias básicas (111 créditos), ciencias de la ingeniería (125 créditos), ingeniería aplicada (61 créditos, de los cuales 30 corresponden al módulo de Ingeniería Biomédica), ciencias sociales y humanidades (39 créditos) y otras convenientes (42 créditos).

Objetivo de la carrera Ingeniería Mecánica.

“El objetivo de la carrera de ingeniería mecánica es formar profesionales capaces de plantear y realizar proyectos de innovación tecnológica que generen productos y servicios sustentables, y que contribuyan a solucionar los problemas nacionales, mediante la aplicación de conocimientos científicos y tecnológicos relativos a la ingeniería mecánica.”¹⁵

Organización del plan de estudios de Ingeniería Mecánica.

El plan de estudios de la carrera de ingeniería Mecánica se cursa en nueve semestres con un total 48 asignaturas, de las cuales 43 son obligatorias y 5 son optativas, divididas en cinco áreas: ciencias básicas (127 créditos), ciencias de la ingeniería (154 créditos), ingeniería aplicada (60 créditos), ciencias sociales y humanidades (39 créditos) y otras asignaturas (26 créditos), con un total de 406 créditos, de los cuales 360 son obligatorios y 46 son optativos (mínimos). El plan incluye trabajo experimental de laboratorio como medio para que el alumno asimile plenamente los conceptos teóricos.

¹⁴ Plan y programas de estudios de la licenciatura de ingeniería en computación, Aprobado por el Consejo Técnico de la Facultad de Ingeniería los días 25 de febrero, 17 de marzo y 16 de junio de 2005.
http://www.ingenieria.unam.mx/revplanes/planes2006/_fundamentaciones/fund_computacion.pdf

¹⁵ Plan y programas de estudios de la licenciatura de ingeniería mecánica, Aprobado por el Consejo Técnico de la Facultad de Ingeniería los días 25 de febrero, 17 de marzo y 16 de junio de 2005.
http://www.ingenieria.unam.mx/revplanes/planes2006/_fundamentaciones/fund_mecanica.pdf

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

3.7 Objetivo del módulo en Ingeniería Biomédica de la Facultad de Ingeniería.

De acuerdo al documento *Fundamentación académica de la creación del Módulo de Ingeniería Biomédica para las carreras de Ingeniería Eléctrica-Electrónica e Ingeniería en Telecomunicaciones y de asignaturas optativas para la carrera de Ingeniería en Computación*¹⁶, el objetivo general del módulo de Ingeniería Biomédica es el siguiente:

“Formar recursos humanos capacitados para identificar y resolver problemas tecnológicos en las áreas de las ciencias biológicas y de la salud, fomentando en el estudiante hábitos de trabajo y estudio, profundizando sus conocimientos en este campo, y requiriendo la participación en grupos interdisciplinarios de investigación y desarrollo tecnológico.”

De acuerdo al mismo documento, los objetivos específicos del módulo son los siguientes:

- Fortalecer y complementar los conocimientos del estudiante en ingeniería aplicada y medicina, fundamentos de la ingeniería biomédica.
- Fomentar la participación del estudiante en investigación original y de desarrollo tecnológico de impacto en el campo, como miembro de un grupo interdisciplinario de investigación.
- Formar ingenieros conscientes de las necesidades tecnológicas de la medicina en México, que coadyuven al desarrollo de una industria nacional de tecnología propia en el campo de los equipos médicos, capaces de crear el vínculo entre medicina y tecnología, necesario para la investigación científica interdisciplinaria en el campo de la medicina.
- Generar profesionales de alto nivel capacitados para el diseño, desarrollo, selección, instalación y conservación de equipos y sistemas dedicados al servicio de la salud.

¹⁶ Documento proporcionado por el Dr. Boris Escalante, coordinador del módulo de Ingeniería Biomédica de 2001 a 200x.

3.8 Comparación de los planes de estudio.

A continuación se presentarán las siguientes comparativas: comparación de los objetivos de las carreras; comparación de los tres módulos de Ingeniería Biomédica que se ofrecen en las 3 carreras presentadas de la Facultad de Ingeniería; comparación de las carreras de la Facultad de Ingeniería con las otras instituciones también ya presentadas ; y finalmente se presentará una comparación del módulo de Ingeniería Biomédica en la Facultad de Ingeniería, con los planes de estudio de algunas universidades.

3.8.1 Sobre los objetivos de las carreras.

Los objetivos presentados de las carreras de Ingeniería Biomédica impartida en las universidades UIA, UAM e IPN, muestran similitudes en cuanto a la sólida formación científica y tecnológica para analizar, diseñar, y desarrollar tecnología, y de forma general, contemplan el beneficio de la sociedad. Sin embargo tanto la UAM como la UIA también hacen mención de otros rasgos, como el proveer formación humanista y ética con el fin de beneficiar al sector salud. En este mismo aspecto, el objetivo de la carrera dentro de la UIA, menciona como una característica muy distintiva, su enfoque en el beneficio a personas con discapacidad, misma que se comprueba dentro de su plan de estudios.

En cuanto a la formación humana y ética, la Facultad de Ingeniería, aunque en la redacción de sus objetivos no lo señala, sí lo hace de manera implícita dentro de sus planes de estudio al considerar para las tres carreras, 6 asignaturas del área de Ciencias Sociales y Humanidades a los cuales corresponden un mínimo de 39 créditos, de los cuales 6 créditos pertenecen a la asignatura de Ética profesional. Por otro lado en la UIA se ofrece 32 créditos correspondientes a esta área distribuidos en 4 asignaturas; y en la UAM se deben de cursar un mínimo de 40 créditos. La carrera impartida por el IPN no hace mención en su objetivo al aspecto humanístico, sin embargo 9 créditos obligatorios y 12 optativos son reservados al área humanística.

Los rasgos que muestran los objetivos de las tres carreras impartidas en la Facultad de Ingeniería, son su énfasis en la formación del ingeniero en múltiples áreas propias de la carrera, haciendo especial mención en la parte tecnológica, ya sea para operar, diseñar, planear, identificar o dar soporte a esta, a fin de responder a las necesidades que se presentan en el campo de trabajo tanto de la ingeniería en computación como en la ingeniería eléctrica y electrónica o en la ingeniería mecánica.

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

Si se toma en cuenta el objetivo del módulo de Ingeniería Biomédica, se cubre la deficiencia detectada en el objetivo general de las carreras presentadas de la Facultad de Ingeniería en el área de la salud, ya que el objetivo del módulo lo contempla plenamente.

Se ha de resaltar que el objetivo del módulo, al igual que el objetivo de la carrera impartida en la UAM, busca fomentar la participación del estudiante en grupos interdisciplinarios de investigación y desarrollo tecnológico.

3.8.2 Comparación de los módulos de Ingeniería Biomédica impartidos en las carreras Ingeniería Eléctrica Electrónica, Ingeniería en Computación e Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería.

Comparando los tres planes de estudio, considerando sus respectivos módulos de Ingeniería Biomédica para cada una de las carreras, se obtuvieron algunos datos y son presentados en las tablas 1 y 2.

Tabla 1. Comparación de los 3 planes de estudio considerando en su estructura curricular el módulo de Ingeniería Biomédica.

No.	DATOS OBTENIDOS-	IEE	IC	IM
1	No. de total de asignaturas	48	50	48
2.	No. total de créditos	411 mín.	408 mín.	406 mín.
3.	No. de asignaturas obligatorias	39	42	43
4.	No. de créditos obligatorios	346	360	360
5.	Porcentaje de créditos obligatorios	86.5%	88.23%	88.67%
6.	No. de asignaturas optativas	9	8	5
7.	No. de créditos optativos	54 mín.	48 (min)	46 mín
5.	Porcentaje de créditos optativos	13.5 %	11.76 %	11.33 %
9.	No. de asignaturas obligatorias considerando las asignaturas obligatorias del MIB	43	46	43
10.	No de créditos obligatorios considerando los créditos obligatorios del MIB	381	385	360
11.	Porcentaje de créditos obligatorios considerando los créditos obligatorios del MIB	92.70%	94.36%	88.66%
12.	No. de asignaturas optativas sin considerar las asignaturas obligatorias del MIB	5	4	5
13.	No de créditos optativos sin considerar los créditos obligatorios del MIB	19	13	46
14.	Porcentaje de créditos optativos sin considerar los créditos obligatorios del MIB	4.62%	3.18%	11.33%

Tabla 2. Comparación del módulo de Ingeniería Biomédica de las 3 carreras.

No.	DATOS OBTENIDOS-	IEE	IC	IM
1.	No. de asignaturas del MIB	7	5 ó 6	4
2.	No. de créditos totales del MIB	42	41 ó 47	24 mín.
3.	Porcentaje de asignaturas del MIB	14.58 %	10%	8.33%
4.	Porcentaje de créditos del MIB	10.5 %	10 %	5.91
5.	No. de asignaturas obligatorias del MIB	4	4	0
6.	No. de créditos obligatorios del MIB	35	35	0
7.	Porcentaje de asignaturas obligatorias del MIB respecto al total de asignaturas de la carrera	8.33%	8 %	0
8.	No. de créditos obligatorios del MIB respecto al total de créditos de la carrera	8.75 %	8.57 %	0
9.	No. de asignaturas optativas en el MIB	3	1 ó 2	4
10.	No. de créditos optativos en el MIB	18 mín.	12 ó 6 mín.	24 mín.
11.	Porcentaje de asignaturas optativas del MIB respecto al total asignaturas de la carrera	6.25 %	2 %	8.33 %
12.	Porcentaje de asignaturas optativas del MIB respecto al total de asignaturas optativas de la	33.33 %	12.5 %	80 %

Considerado a las asignaturas obligatorias del módulo de Ingeniería Biomédica como parte del total de las asignaturas obligatorias de cada plan de estudio, se puede observar que existe mucha coincidencia entre las carreras de Ingeniería Eléctrica Electrónica e Ingeniería en Computación . Esta coincidencia se encuentra entre las asignaturas de ambos planes de estudio. Por ejemplo, se tiene que 27 asignaturas obligatorias son iguales entre ambos planes¹⁷ de entre un total de 39 asignaturas obligatorias para el caso de Ingeniería Eléctrica-Electrónica (69.23 % de sus asignaturas obligatorias coinciden con la carrera de Ingeniería en Computación) y 42 para el caso de de Ingeniería en Computación (64.28% de sus asignaturas obligatorias coinciden con la carrera de Ingeniería Eléctrica-Electrónica). Por otro lado, existen 4 asignaturas equivalentes entre ambos planes¹⁸. En el caso de las asignaturas optativas se tiene que 17 de ellas coinciden¹⁹ de entre un total de 18 asignaturas optativas que ofrece la carrera de IEE (94.4% de sus asignaturas optativas coinciden con las asignaturas optativas que ofrece la carrera de Ingeniería en Computación) y 21 que ofrece la carrera de Ingeniería en computación (80.95% de sus asignaturas optativas coinciden con las asignaturas optativas que ofrece la carrera de Ingeniería Eléctrica-Electrónica).

¹⁷ 12 en Ciencias básicas, 3 en Ciencias de la Ingeniería, 4 en Ingeniería aplicada, 5 en Ciencias sociales y humanidades y 3 asignaturas de Otras materias convenientes.

¹⁸ 3 En Ciencias de la Tierra, y 1 en Ingeniería Aplicada.

¹⁹ En el módulo de IB hay 9, 3 en Ciencias Sociales y Humanidades y 5 de otras asignaturas convenientes.

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

De lo anterior se ha de subrayar que, a excepción de Matemáticas avanzadas y Amplificadores electrónicos, las asignaturas del módulo de Ingeniería Biomédica son las mismas para ambas carreras.

En cambio, los módulos de Ingeniería Biomédica de ambas carreras difieren mucho con respecto al módulo impartido en la carrera de Ingeniería Mecánica. Este módulo no contiene materias obligatorias, pero sí la posibilidad de elegir 4 asignaturas optativas de entre 7 asignaturas del módulo. Las materias que coinciden con los otros 2 módulos son Temas selectos de Ingeniería Biomédica y Fisiología (como materia equivalente a la de Introducción a la fisiología).

Otra observación a destacar es una de las características del Módulo Ingeniería Biomédica dentro de la carrera Ingeniería Mecánica, ya que mientras en las carreras de Ingeniería Eléctrica-Electrónica e Ingeniería en Computación se tiene que tomar la decisión de elegir un módulo (en este caso el módulo de Ingeniería Biomédica) de entre otros posibles módulos (que contienen asignaturas tanto obligatorias como optativas), en la carrera de IM se pueden elegir distintas materias correspondientes incluso a distintos módulos, ya que todas las asignaturas de todos los módulos de esta carrera se presentan como materias optativas posibles de elegir.

Como resultado de lo anterior y de acuerdo al número de créditos en las tres carreras analizadas, se observa que existe mayor número de créditos (y por lo tanto de horas por semana) en los módulos de Ingeniería Biomédica de las carreras Ingeniería Eléctrica-Electrónica e Ingeniería en Computación que en la de Ingeniería Mecánica. En Ingeniería Eléctrica-Electrónica se consideran 41 créditos correspondientes al módulo, y la carrera de Ingeniería en Computación considera al menos 42, pero en la carrera Ingeniería Mecánica sólo se consideran 24 créditos (considerando que el alumno opte por tomar las 4 materias de Ingeniería Biomédica). Esta diferencia puede ser mayor si el alumno sólo decide optar por 3, 2 ó 1 sola asignatura relativa al módulo de Ingeniería Biomédica.

El tipo de asignaturas que contienen los módulos indican la orientación de los mismos. El módulo dentro en las carreras de Ingeniería Eléctrica-Electrónica e Ingeniería en Computación principalmente están enfocadas hacia la instrumentación médica (son seis asignaturas con esta orientación: Fundamentos de instrumentación biomédica, Amplificadores electrónicos, Circuitos integrados, Sistemas y equipos biomédicos electrónicos, Transductores biomédicos y Optoelectrónica). Las demás asignaturas del

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

módulo en estas carreras tienen otro enfoque: hacia el procesamiento de imágenes (Imagenología), la telemedicina (Telesalud), la fisiología (Introducción a la Fisiología), la audiometría y la biofísica.

La orientación del módulo dentro de la carrera IM, principalmente está enfocada hacia la rehabilitación y la biomecánica (las asignaturas que dan este enfoque son Biomecánica, Histología, e Introducción a la Anatomía). Las otras asignaturas están enfocadas hacia la Ingeniería Clínica (Logística y Administración hospitalaria), la Fisiología y los Biomateriales.

Sobre la asignatura de Logística y Administración Hospitalaria, cabe destacar que sólo es impartida en la carrera de IM.

La asignatura de Temas selectos de Ingeniería Biomédica, que es impartida en las 3 carreras, está enfocada hacia otros conocimientos especializados del campo de la Ingeniería Biomédica que son relevantes para la formación profesional, tal como puede ser el tema de los BioMEMS.

Lo anterior permite determinar que los principales enfoques del módulo de Ingeniería Biomédica son tres: la Instrumentación Médica Electrónica, la Rehabilitación y la Biomecánica.

También se resalta las dos asignaturas optativas que se imparten en el módulo, Seminario de titulación y Proyecto de Investigación, en las que se prepara al estudiante en un tema de investigación o para resolver un problema práctico, como bases para la elaboración de la tesis profesional o para la titulación por actividad de investigación.

3.8.3 Comparación de la UNAM con otras instituciones.

Comparando los planes de estudio de las carreras que imparten el módulo de Ingeniería Biomédica en la Facultad de Ingeniería con algunas las universidades analizadas, se obtuvo los datos de la tabla 3. En dicha tabla se presentan las carreras impartidas en la Facultad de Ingeniería considerando sus respectivos módulos de Ingeniería Biomédica, por lo que las asignaturas obligatorias de dichos módulos se consideran como parte del total de las asignaturas obligatorias para cada plan (véase los nos. 3 y 9 de la tabla 1).

Tabla No. 3. Comparación de los planes de estudio de las carreras de la Facultad de Ingeniería que ofrecen el módulo de Ingeniería Biomédica con algunas universidades del área metropolitana que imparten la carrera Ingeniería Biomédica.

DATOS	IEE	IC	IM	UAM	UIA	IPN
Modalidad en la que se imparte el plan de estudios	semestre	semestre	semestre	Trimestre	semestre	semestre
Duración de la carrera en periodos	9 semestres	9 semestres	9 semestres	12 trimestres	9 semestre	8 semestre
Duración total en años	4.5	4.5	4.5	4	4.5	4
No. de asignaturas	48	50	48	Depende del número de créditos	53	65
Créditos totales	411 mín.	408 mín.	406 mín.	472-494	398	438
No. de asignaturas obligatorias	43	46	43	36	44	60
No. de créditos obligatorios	381	385	360	360	320	405
Porcentaje de créditos obligatorios	92.70%	94.36%	88.66%	76.27 a 72.87 %	80.40 %	92.46%
No. de asignaturas optativas	5	4	5	Depende del número de créditos	9	3+2
No. de créditos optativos	19 mín	13 (min)	46 mín	112-134	78	21+12=33
Porcentaje de créditos optativos	4.62%	3.18%	11.33%	23.72 a 27.12%	19.59%	7.53

En la tabla 3 se pueden observar algunos aspectos sobre la flexibilidad de las carreras analizadas. La carrera más flexible por ofrecer mayor número de asignaturas y créditos optativos es la UAM, seguida por la UIA. La carrera menos flexible es la que imparte el IPN, ya que cuenta con mayor número de asignaturas obligatorias, y menor número de asignaturas optativas.

En el caso de las carreras de la Facultad de Ingeniería se observa que si se considera al módulo de Ingeniería Biomédica como parte de las asignaturas optativas, entonces se puede decir que la carreras de dicha Facultad son flexibles (véase los nos. 6 y 12 de la tabla 1). Sin embargo al considerar las asignaturas obligatorias del módulo, y al sumar estas a las asignaturas obligatorias propias de los planes de estudio, la flexibilidad de estas carreras reducen significativamente (Ingeniería Eléctrica-Electrónica se reduce de 9 a 5 asignaturas optativas; Ingeniería en Computación se reducen de 8 a 4; IM permanece igual), quedando las carreras de Ingeniería Eléctrica-Electrónica e Ingeniería en Computación aún menos flexibles que la carrera impartida en el IPN, mientras que la carrera IM se muestra todavía flexible en este aspecto.

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

3.8.4 Comparación del módulo de Ingeniería Biomédica en la Facultad de Ingeniería con los planes de estudio de algunas universidades.

Para poder empezar una comparación entre el módulo de Ingeniería Biomédica en la Facultad de Ingeniería en la UNAM (que corresponde a 3 diferentes carreras) con las carreras de Ingeniería Biomédica de las principales instituciones educativas de la zona metropolitana, es necesario dimensionar la magnitud de el avance académico en dichas instituciones; considerando que Universidades como la UIA y la UAM son pioneras en la implantación de esta carrera en el país, se puede deducir que el crecimiento se ha visto reflejado en sus planes de estudio actuales y que satisfacen la demanda de profesionistas de este ramo en México. Actualmente se ha visto en el campo laboral abundancia en la administración de hospitales, mantenimiento correctivo y preventivo de equipo biomédico, automatización en equipos biomédicos e Ingenieros de planta en hospitales. Se creería que la demanda del campo laboral pueda intervenir en las instituciones educativas para la elaboración y fundamentación de planes de estudio, pero la realidad es distinta.

Las Universidades líderes en esta carrera (UNAM, UIA, IPN y UAM) manejan materias similares entre ellas, pero enfocadas a distintos fines referentes al campo laboral y de investigación, a continuación se hará una comparativa de materias en general y posteriormente un análisis para formar un criterio sobre estas dignas instituciones:

3.8.4.1 Materias en común (UNAM, UIA, IPN y UAM)

Básicamente en la facultad de ingeniería de la UNAM el tronco común era similar en el plan 1994 para las carreras de Ingeniería Eléctrica-Electrónica y Computación, pero con la instauración del plan de estudios vigente cambió un poco, y como es de esperarse, la carrera de Ingeniería Mecánica que tiene que ver muy poco con las anteriores se tiene que evaluar distintamente, el plan de estudio de las 3 carreras se mostró anteriormente. En cuestiones del módulo de Ingeniería Biomédica en la Facultad de Ingeniería de la UNAM se pretende analizar las materias en su totalidad (obligatorias y optativas) con las carreras de otras Universidades y evaluar los inconvenientes de solo contar en la UNAM con un módulo terminal de Ingeniería Biomédica.

3.8.4.2 Comparativa plan de estudios UAM con Módulo terminal Facultad de Ingeniería.

Comparativamente se puede hablar que la UAM tiene más de la mitad de su plan de estudios enfocado al tronco profesional, esto habla del compromiso que ha tenido desde la fundación de su carrera; probablemente desde su fundamentación se planteó el conocimiento de las ciencias biológicas; en el módulo terminal de la Facultad de Ingeniería también plantea esa situación y es por eso que coinciden en ahondar en la fisiología. En la Facultad de Ingeniería es obligatorio cursar la materia llamada Introducción a la Fisiología.

La UAM va más allá en cuanto a fisiología se refiere y tiene 2 materias más al respecto: Fisiología de sistemas homeostáticos y Fisiología de los sistemas nervioso y endocrino, que por supuesto, amplía la visión sobre el campo de aplicación y necesidades en el sector salud; y no se detiene ahí, en el plan de materias optativas está la opción de elegir entre 3 materias más: Fisiología cuantitativa I y II y Fisiopatología. Otro punto coincidente de materias es en la instrumentación biomédica donde la UNAM solo tiene una materia que se llama Fundamentos de Instrumentación Biomédica enfocada al diseño de elementos electrónicos para la medición de señales biológicas, por supuesto con todos los antecedentes que la carrera de Ingeniería Eléctrica-Electrónica ofrece; en la UAM existen 2 materias de carácter obligatorio y 2 de carácter optativo: Medición de fenómenos bioeléctricos y Mediciones de PV y Flujo (Obligatorias), Instrumentación de laboratorio clínico e Instrumentación de uso quirúrgico y terapéutico (optativas); como notación se puede hacer referencia al lineamiento de la UAM, ofrece más opciones de elección y direcciona al trabajo en hospitales como mantenimiento y administración de equipo biomédico.

Existe otro punto coincidente, que se refiere a la imagenología, donde en la UNAM existe la materia de Procesamiento Digital de Imágenes Médicas: Imagenología, que es de carácter obligatorio y cuenta con laboratorio que utiliza las aplicaciones y herramientas de MathLab, para crear simulaciones y mejorar el manejo de la interfaz a la computadora. En la UAM existe algo similar y también de carácter optativo: Imagenología Médica, Procesamiento digital de imágenes e Imagenología por resonancia magnética, obviamente también dirigido al trabajo en hospitales y la asociación del trabajo con médicos especializados en Imagenología. El último punto de coincidencia en los planes de estudio es la materia de temas selectos de Ingeniería Biomédica, que es un complemento para aumentar las bases académicas de la Ingeniería Biomédica.

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

Para complementar se puede decir que en ambas instituciones existen otras materias que no coinciden, y es ahí el lineamiento que se diferencia tanto de una como de otra Universidad; en la Facultad de Ingeniería se estudian materias como Telesalud, aplicaciones de optoelectrónica en medicina, audiometría, sistemas y equipos biomédicos electrónicos, transductores biomédicos, introducción a la biofísica para las carreras de Ingeniería en computación y eléctrica-electrónica. Para la carrera de Ingeniería Mecánica están las materias Biomateriales, Biomecánica, Histología, introducción a la anatomía y logística y administración hospitalaria. Se puede sugerir que el campo que se pretende abarcar es interesante y amplio, pero solo es un detalle pequeño comparado con lo que exigen las áreas de las cuales se pretende instruir en este módulo terminal; es por eso que este trabajo de tesis pretende fundamentar la metodología del módulo de Ingeniería Biomédica de la UNAM para sostener un posgrado en esta institución.

3.8.4.3 Comparativa plan de estudios UIA con Módulo terminal Facultad de Ingeniería.

La UIA es muy diferente en su plan de estudios con la UNAM, en cuanto a Ingeniería Biomédica se refiere, el tronco común es muy distinto ya que se enfoca más a la gestión de proyectos ingenieriles y a lo administrativo. Para empezar existen pocas coincidencias en cuanto a materias de Ingeniería Biomédica se refiere, tales como: Fisiología (que reafirma la importancia de tener conocimientos de índole médico-biológicas), Anatomía, Instrumentación biomédica, biomecánica (semejanza con Ingeniería Mecánica), Imagenología y Temas selectos de ingeniería biomédica. La gran diferencia de carreras radica en que la UIA refleja su intención por la Ingeniería clínica y la administración de hospitales, sin olvidar que también el plan ofrece conocimientos de equipo biomédico y fisiología, esto se revela en las siguientes materias: Anatomía y fisiología: Organización y sostén, Anatomía y fisiología: Control, Anatomía y fisiología: Mantenimiento, Sistemas de diagnóstico clínico, Sistemas de terapia médica, Análisis del mercado de equipo médico, Ingeniería hospitalaria, Ingeniería clínica, Ingeniería de rehabilitación: discapacidades físicas, Ingeniería de rehabilitación: discapacidades sensoriales, Estudio de la discapacidad, Salud en el trabajo y Diseño de Ingeniería Biomédica. Que realmente no existe comparación con el módulo de Ingeniería Biomédica de la UNAM, es decir, la UIA se enfoca a tener una gestión en rehabilitación y gestión de administración de hospitales, obviamente la formación desde el tronco común es muy distinta, por lo que es razonable que exista un auge en el campo laboral de ingenieros clínicos e ingenieros en mantenimiento de equipo biomédico en hospitales.

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

3.8.4.4 Comparativa plan de estudios IPN con el Módulo terminal Facultad de Ingeniería

Hablando de las 2 instituciones más grandes del país se tiene que mencionar la gran aportación de investigación al país, esto tiene que ver con el plan de estudios, ya que el plan del IPN es minucioso y tiende a la investigación; los estudiantes también pueden entrar al campo laboral desde la perspectiva de la instrumentación y la ingeniería clínica. El plan de estudios del IPN no maneja un tronco comparado con la UNAM y desde el principio de la carrera ya se está hablando de conocimientos medico-biológicos. Para enfatizar la comparativa se puede decir que se concuerda en las siguientes materias: Biotecnología, que es el caso de la ingeniería mecánica en la UNAM con biomateriales y biomecánica, Fisiología, Instrumentación, Procesamiento digital de bioseñales y tópicos de Ingeniería biomédica que sería el equivalente de temas selectos de Ingeniería Biomédica. Quizá las materias que no concuerdan con el módulo de Ingeniería Biomédica de la facultad de ingeniería UNAM, son más tendenciosas a la instrumentación ya que llevan 5 niveles de dicha materia, por lo general se enfoca a los procesos de tecnología hospitalaria.

2009

Facultad de Ingeniería, UNAM.

[CAPÍTULO IV: RESULTADOS DE LA COMPARATIVA.]

4.1.- Introducción. 4.2.- Resultado de la comparativa del módulo con otras instituciones. 4.3.- Resultado de la comparativa entre los módulos. 4.4.- Asignaturas viables y posibles oportunidades de crecimiento del módulo de Ingeniería Biomédica. 4.5.- La orientación del módulo.

4.1 Introducción.

En este capítulo se explica la comparativa del Módulo de Ingeniería Biomédica de la Facultad de Ingeniería UNAM con las otras instituciones educativas ya analizadas; considerando que el módulo de la Facultad de Ingeniería se gestó como tal, es difícil dimensionar cuán complejo es dicho análisis. De las Instituciones mencionadas (UAM, IN y UIA) tienen una carrera en Ingeniería Biomédica fundamentada desde la perspectiva de las necesidades que tiene México, la UNAM ha trabajado en ello y ha fundamentado el módulo terminal para enfocar el conocimiento académico, tal vez, a un posgrado.

Al considerar una carrera académica en una institución reconocida, se creería en la confiabilidad en el plan de estudios, y así es en los tres casos anteriormente mencionados: Universidad Autónoma Metropolitana, Instituto Politécnico Nacional y la Universidad Iberoamericana debido a que son pioneros en la instauración de la carrera de Ingeniería Biomédica y al tener un plan de estudios sólido. La UNAM ofrece un módulo también sólido y muy confiable, confiable en el aspecto que ofrece otra alternativa y visión de la Ingeniería Biomédica. Como ya se ha analizado en capítulos anteriores, hay diferencia entre los créditos y las materias mismas; considerando que un módulo terminal es infinitamente diferente a una carrera académica y obviamente tiene deficiencias al tener dicha comparación.

La UNAM no pretende sustituir una carrera de Ingeniería Biomédica con dicho módulo terminal, lo que se cree, y para esto se hará un criterio profesional, es que serviría de base para un posgrado en cualquiera de las áreas que el módulo ofrece; sería interesante ver un posgrado en telemedicina o telesalud incluyendo los conocimientos que la carrera de Ingeniería en computación ofrece, o un área específica de instrumentación biomédica específica apoyados con el departamento de Ingeniería de control e instrumentación.

La problemática en la UNAM, especialmente en la Facultad de Ingeniería para considerar una carrera de Ingeniería Biomédica radica en tener los suficientes recursos materiales y de cierta parte humanos para satisfacer una demanda académica. Por otro lado sería algo más sencillo plantear la instauración de un posgrado, esto por la facilidad de instalaciones y la menor demanda (considerando que la gran problemática para la instauración del posgrado o la carrera misma de Ingeniería Biomédica está en que sería un tanto difícil encontrar instalaciones para laboratorios y prácticas).

Siguiendo con el módulo de Ingeniería Biomédica actual, es bastante obvia la debilidad que se tiene contra una carrera, para empezar son pocas las materias obligatorias y una pequeña gama de materias optativas, se requeriría de tener “segundas partes” de algunas materias imprescindibles de la Ingeniería Biomédica, como la Fisiología, la Instrumentación Biomédica (tal vez las materias siguientes enfocadas a algunas aplicaciones de áreas médicas como la cardiología, neurología y psicología), Telesalud (que para el caso de los Ingenieros en Computación sería una buena aplicación para redes computacionales y comunicación), Biomateriales y Biomecánica.

Para finalizar, el módulo terminal de Ingeniería Biomédica está dirigido a 3 carreras académicas antes mencionadas: Ingeniería Eléctrica-Electrónica, Ingeniería en Computación e Ingeniería Mecánica (ya en el plan 2006 también está incluida la carrera de Ingeniería Mecatrónica, pero esencialmente maneja lo mismo que la Ingeniería Mecánica), se considera que actualmente este módulo solo aporta a que ingenieros titulados de estas 3 carreras tengan un fin laboral no muy diferente a lo que tienen los egresados de otra universidades, si no es que se termine como técnico dando mantenimiento a equipo biomédico o trabajando en un hospital privado como Ingeniero-técnico.

4.2. Resultado de la comparativa del módulo con otras instituciones.

De acuerdo a la comparativa se observa que, respecto a otras universidades, el módulo de Ingeniería Biomédica de la Facultad de Ingeniería es superado ampliamente en asignaturas relativas a Fisiología e Ingeniería clínica. Sin embargo en asignaturas relativas a Instrumentación biomédica, la Facultad de Ingeniería ofrece casi la misma cantidad de créditos que la UIA y el IPN, siendo a su vez estas universidades superadas por la UAM; de la misma manera en asignaturas de Imagenología y Procesamiento de señales e imágenes, las carreras de la División de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería ofrecen el mismo número de créditos que la UIA, a su vez siendo muy superadas por la UAM y el IPN.

A pesar de esto, la Facultad ofrece algunas asignaturas en la que se muestra igual o mejor que otras universidades, tal es el caso de la asignatura de Biomateriales, que supera incluso a la del IPN, que es la otra institución que la imparte; lo mismo ocurre con la asignatura optativa de Biomecánica que sólo es impartida por la Facultad de Ingeniería y por la UIA, y en ambas tiene el mismo número de créditos. El otro caso es Audiometría, asignatura que sólo es impartida en al Facultad de Ingeniería.

Estas asignaturas mencionadas reflejan una de las fortalezas del módulo y brindan a los estudiantes la misma o una mejor posibilidad para su desempeño en estas áreas, tanto para la investigación como para el campo laboral.

4.3 Resultado de la comparativa entre los módulos.

Este resultado está en función de dos aspectos, a considerar por separado, y a continuación se presentan.

4.3.1 Comparativa en relación al módulo de Ingeniería Biomédica en la carrera de Ingeniería Mecánica.

De forma general esta carrera ofrece varias asignaturas optativas, que clasificadas se pueden agrupar por áreas, en este caso módulos. El alumno no se puede inscribir en un módulo en específico, sino que tiene la oportunidad de acreditar diferentes asignaturas correspondientes a distintas áreas (o módulos), hasta cumplir con un mínimo de 24 créditos equivalentes a 4 asignaturas. Dicho de otra forma, el alumno puede elegir cuatro asignaturas del módulo de Ingeniería Biomédica, o bien tres, o dos, o una o cero asignaturas (eligiendo las demás asignaturas de otros módulos hasta completar 4). Se puede decir que la formación en el área de Ingeniería Biomédica depende totalmente del alumno. Esto es una parte que otorga bastante flexibilidad a la carrera, sin embargo para el módulo de Ingeniería Biomédica, este es un aspecto que puede disminuir su potencial.

4.3.2 Comparativa en relación al módulo de Ingeniería Biomédica para las carreras de Ingeniería Eléctrica Electrónica e Ingeniería en Computación.

Otra vista importante que ofrece la comparativa es sobre la semejanza de los planes de estudio de Ingeniería Eléctrica Electrónica e Ingeniería en Computación al contemplar sus respectivos módulos de Ingeniería Biomédica. Las coincidencias ya señaladas en el número 3.8.2 del capítulo tercero, hacen ver que si se consideran las materias obligatorias coincidentes (27) y sumadas las asignaturas equivalentes (4) se tiene un total de 31 asignaturas obligatorias que comparten ambos planes de estudio, (de un total de 43 para IEE y 46 para IC). La relación entre ambas carreras se hace más estrecha al tomar en cuenta que también hay coincidencia en 17 asignaturas optativas.

Lo importante de señalar lo anterior se muestra al analizar los respectivos módulos de Ingeniería Biomédica, al obtener que ambos módulos están principalmente orientados “La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

hacia la Instrumentación Médica¹, y en menor medida hacia el Procesamiento de imágenes médicas y otras asignaturas. Esto implica que la carrera de Ingeniería en Computación (al considerar el módulo y las coincidencias ya señaladas) se enfoque de manera significativa hacia la parte electrónica, que es una orientación importante del módulo en esta carrera. Sin embargo esto también marca una debilidad del mismo si se piensa que el módulo de Ingeniería Biomédica, para la carrera de Ingeniería en Computación, pudiera tener una mejor orientación si se le relacionara con asignaturas del área biomédica más relacionada con esta carrera (Computación).

4.4 Asignaturas viables y posibles oportunidades de crecimiento del módulo de Ingeniería Biomédica.

Existen diversas oportunidades de crecimiento del módulo de Ingeniería Biomédica, y a continuación se presentarán en específico, una relacionada con la Asignatura de Logística y Administración Hospitalaria, y otra en relación a una asignatura que no es impartida en el módulo pero se considera viable, y es relacionada a los estudios de los MEMS.

4.4.1 La asignatura de Logística y Administración Hospitalaria en el módulo.

De la comparativa entre los módulos de Ingeniería Biomédica impartidos en las carreras de la Facultad de Ingeniería, se encontró que la asignatura de Logística y Administración Hospitalaria únicamente es impartida por la carrera de Ingeniería Mecánica, y esta se ubicó como una asignatura correspondiente a la Ingeniería Clínica (ver Anexo 2). Revisando el plan de estudios de la carrera de ingeniería Mecánica no se encontró un motivo particular para que se ofreciera esta asignatura sólo en esta carrera, distinta al que pudiera ocurrir en las carreras de la División de Ingeniería Eléctrica (a excepción de que es una asignatura más a fin a la División de Ingeniería Mecánica e Industrial, siendo este un caso para muchas asignaturas relativas a la ingeniería Clínica). Con lo cual se ve conveniente que esta asignatura se imparta en los módulos de Ingeniería Biomédica de las ingenierías en Computación y Eléctrica Electrónica, que enriquecería más el módulo para estas dos carreras y se estaría dando mayores posibilidades de desarrollo a los alumnos de estas licenciaturas.

El que la asignatura optativa de Logística y Administración Hospitalaria se imparta en la carrera de Ingeniería Mecánica porque es una asignatura a fin con la División de Ingeniería Mecánica e Industrial, abre no sólo la posibilidad de que más asignaturas relativas a la Ingeniería Clínica puedan impartirse para la licenciatura de Ingeniería Mecánica, sino que

¹ ver el No. 3.8.2 del capítulo 3

también abre la posibilidad de abrir un módulo de Ingeniería Biomédica para la carrera de Ingeniería Industrial², con una orientación hacia la Ingeniería Clínica.

4.4.2 Una asignatura sobre MEMS.

Otra ventaja potencial para el módulo de Ingeniería Biomédica de la Facultad de Ingeniería (y para toda la Ingeniería Biomédica en la UNAM) se tiene en los estudios relacionados con los BioMEMS. Con la creación del el Laboratorio de Caracterización de MEMS, conocido como UNAMems, se da la posibilidad de que desde el nivel licenciatura se pueda participar en la investigación y desarrollo de este tipo de tecnología, dado que el laboratorio está dentro de las mismas instalaciones de la Facultad (situada en el tercer piso de la División de Ingeniería Eléctrica). A pesar de que el laboratorio depende de la Facultad de Ingeniería, este está disponible tanto para académicos, investigadores, estudiantes e Institutos de la UNAM que tengan algún tipo de interés en esta área. Dada la disponibilidad del laboratorio y el potencial que posee a favor de la Ingeniería Biomédica, es importante señalar la conveniencia de que exista una asignatura relacionada con los MEMS que puedan ser elegida por las carreras que se analizan en esta tesis (sin excluir a otras carreras de la Facultad de Ingeniería). Entre los múltiples beneficios que trae consigo este laboratorio, se encuentra una ventaja potencial para el Módulo de la Ingeniería Biomédica en la UNAM: Ofrecer a sus estudiantes mayores posibilidades de desarrollo y manejo de nuevas tecnologías, y obtener nuevos y más beneficios para el sector salud.

4.5 La orientación del módulo.

Como se ha visto en el capítulo primero (en el No. 1.4.1), el campo de la Ingeniería Biomédica es tan amplio como el mismo sector salud, y no es posible proponer una carrera que pueda satisfacer todas las áreas de esta ingeniería. Por lo tanto es conveniente resaltar el carácter multidisciplinar de la Ingeniería Biomédica y que los objetivos y planes de estudios de esta carrera en cada universidad, varían significativamente, como ya se ha comprobado en la comparativa del capítulo tercero³,

² Sirva para ello consultar el objetivo de esta carrera el cual es "formar profesionales de alto nivel, capaces de trabajar en las fronteras de las disciplinas componentes (ingeniería mecánica, administración y finanzas, ingeniería electrónica, las ciencias de la computación / tecnología de la información y otras), para identificar y usar la combinación correcta de tecnologías óptima para el desarrollo de productos, procesos y sistemas de toda especie". El objetivo completo puede consultarse en el Plan y programas de estudios de la licenciatura de ingeniería industrial, Aprobado por el Consejo Técnico de la Facultad de Ingeniería los días 25 de febrero, 4 y 17 de marzo de 2005, y 16 de junio de 2005. Disponible en http://www.ingenieria.unam.mx/revplanes/planes2006/_fundamentaciones/fund_industrial.pdf

³ Ver el número 3.8.4, del capítulo 3

"La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro".

con la finalidad de satisfacer las necesidades del entorno social y de acuerdo a los objetivos y alcances de las mismas universidades. Como resultado de la comparativa se vio la necesidad de poder orientar el módulo hacia dónde tenga mayores oportunidades de crecimiento y hacia donde pueda dar un mayor beneficio al sector salud.

4.5.1 La orientación en función de las Líneas de Investigación de la UNAM.

Es importante señalar que si bien, el módulo de Ingeniería Biomédica en la Facultad de Ingeniería deba tener un enfoque que pueda potenciar las capacidades de las carreras analizadas en el área que estamos tratando, también se debe proponer que el módulo tenga una orientación en base a las líneas de investigación de la UNAM relacionadas con esta área de la Ingeniería. Al orientar el módulo hacia las líneas de investigación de la UNAM, se estará cumpliendo también con el mantener una dinámica que permite actualizar e incrementar la participación eficaz de la Universidad en la solución de los grandes problemas de la sociedad, debido a que ese es un compromiso que tiene la UNAM con la sociedad.

Al respecto, el objetivo del módulo de Ingeniería Biomédica, de la Facultad de Ingeniería, hace énfasis en “el fomentar en el estudiante hábitos de trabajo y estudios, profundizando sus conocimientos en este campo y requiriendo la participación en grupos interdisciplinarios de investigación y desarrollo tecnológico”⁴ De esta manera se ha de resaltar también la importancia del enfoque hacia las líneas de investigación como una oportunidad para la participación del estudiante en grupos interdisciplinarios, cumpliendo de esta manera también con el objetivo del módulo. Con ello también se ha de evaluar (y no se contempla en el presente trabajo) la actual relación interdisciplinar de las carreras que contienen el Módulo de Ingeniería Biomédica, y en específico las carreras de la División de Ingeniería Eléctrica con las carreras de la División de ingeniería Mecánica e industrial. De darse esta relación interdisciplinar se estaría cumpliendo con el objetivo del módulo y, de de manera cualitativa, esto mostraría la solidez y maduración del mismo.

⁴ El objetivo del módulo se puede consultar en el número 3.7 *Objetivo del módulo de Ingeniería Biomédica*, del capítulo 3.

Un último aspecto a considerar en la orientación del módulo en relación con las líneas de investigación en la UNAM, es la capacidad de investigación⁵ que tiene esta casa de estudios, que se traduce en una gran capacidad para la generación de conocimientos. Lo anterior hace que el orientar el módulo de Ingeniería Biomédica en base a las líneas de investigación de la UNAM, sea una oferta viable y se pueda señalar como una fortaleza del módulo (y de la Ingeniería Biomédica en la UNAM) respecto a otras universidades.

4.5.2 La orientación hacia un posgrado.

Como resultado de la comparativa, se tiene que la orientación del módulo está dirigida indirectamente hacia realización de un posgrado. Al analizar el objetivo del módulo⁶ de Ingeniería Biomédica, resulta importante señalar la intención de fomentar “en el estudiante hábitos de trabajo y estudio, profundizando sus conocimientos en este campo [de Ingeniería Biomédica], y requiriendo la participación en grupos interdisciplinarios de investigación y desarrollo tecnológico”. Si la orientación del módulo en función de las líneas de investigación de la UNAM relacionadas con la Ingeniería Biomédica requiere de la participación de un Ingeniero Biomédico, dispuesto a trabajar directamente en la investigación, lo mismo se espera de un alumno en un posgrado: que pueda llegar con bases sólidas para introducirse directamente a la investigación en el ámbito de la Ingeniería Biomédica. Es decir, el módulo podría preparar al estudiante y orientarlo hacia el estudio de un posgrado en Ingeniería Biomédica, que es una acción muy viable dado que el posgrado recibiría como alumnos a Ingenieros de las carreras Eléctrica Electrónica, Computación y Mecánica ya enfocados hacia la Ingeniería Biomédica. De lo anterior se ha de resaltar la importancia y necesidad de dar mayor fuerza y solidez al módulo, impulsando las asignaturas en las que la Facultad se muestra igual o mejor que otras universidades (Audiometría, Biomecánica y Biomateriales; y se puede también añadir: Instrumentación médica; Imagenología y Procesamiento digital de señales), e impartiendo las asignaturas que actualmente no se contemplan en los planes de estudio y que le son muy viables de ofrecer a la Facultad de Ingeniería (MEMS y Logística y administración hospitalaria), y buscando la participación interdisciplinaria de los alumnos.

⁵ La UNAM genera el 50% de la investigación que se genera en México, Boletín UNAM-DGCS-181, *Palabras del rector de la UNAM, Juan Ramón de la Fuente, al inaugurar las instalaciones del Instituto de Biología*, Febrero 23 de 2001. Disponible en: http://www.dgi.unam.mx/boletin/bdboletin/dme/DME-2001_020.html

⁶ El objetivo del módulo se puede consultar en el número 3.7 *Objetivo del módulo de Ingeniería Biomédica*, del capítulo 3

4.5.3 La orientación en función de la demanda laboral.

Una orientación del módulo también deberá estar en función de la demanda laboral⁷ (En general se puede decir que el campo de trabajo se ha centrado en el servicio, ventas y mantenimiento de equipo médico tanto desde el punto de vista de un trabajador dentro un hospital, como dentro de una empresa proveedora de servicio, aunque ha ido aumentando la importancia de puestos de trabajo en gestión de la tecnología médica⁸ Estos datos también son conformes a lo señalado en el Clinical Engineering Handbook, que indica que en México, las universidades que imparten la carrera de Ingeniería Biomédica han producido más de 1000 ingenieros biomédicos quienes están trabajando ahora en las siguientes áreas⁹:

- 65 hospitales de sectores públicos y privados, dando mantenimiento, capacitación y manejo de equipo biomédico.
- En más de 20 compañías, como promotores o distribuidores de tecnología médica y promoviendo información profesional de soporte.
- Trabajando en investigación en más de 10 universidades, o en el sector salud desarrollando nueva tecnología para un mejor servicio a la salud.

⁷ El documento Guía operativa para la elaboración, presentación y aprobación de proyectos de creación y modificación de planes y programas de estudio de licenciatura, en su 2.7 *Fundamentación académica del proyecto, recomienda como una razón académica que justifica un plan de estudio, las características y tendencias actuales y futuras de las prácticas profesionales y disciplinarias*. Disponible en: http://pavlov.psicol.unam.mx:8080/site/servcom/camcur/pdf2/Guia_para_el_plan_de_estudio1.pdf.

⁸ Análisis comparativo de planes de estudio de ingeniería biomédica el caso de la Universidad Autónoma Metropolitana, Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica, Vol. XXVIII, Núm. 2, Diciembre 2007pp124.

⁹ Clinical Engineering in Mexico, por Adriana Velásquez, pp80

2009

Facultad de Ingeniería, UNAM.

[CONCLUSIONES.]

A partir del trabajo realizado se pueden determinar las tendencias académicas de cada uno de los planes de estudio de las instituciones educativas que se analizaron en este trabajo, obviamente esta propuesta puede recomendar una nueva perspectiva hacia la implementación y fundamentación de la carrera de Ingeniería Biomédica en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México; considerando las infraestructura académica y técnica se puede pensar en primera instancia en un Posgrado, para tener una línea directa con el módulo.

Hablando del módulo de Ingeniería Biomédica de la Facultad de Ingeniería de la UNAM se puede decir que existen grandes similitudes con las otras instituciones académicas que tienen en sus planes de estudio la carrera de Ingeniería Biomédica, aunque tales instituciones tienen un enfoque en particular, dirigido en su mayor parte a la Ingeniería Clínica, Rehabilitación y dirección de hospitales.

En la Facultad de Ingeniería el módulo de Ingeniería Biomédica solo es eso, una perspectiva a grandes rasgos de lo que la mayor parte de las Ingenierías tecnológicas pueden aportar a la ciencia médica, como ejemplo notorio cabe mencionar el lineamiento que se pretende seguir con el módulo de Ingeniería Biomédica aplicado a las Ingenierías Eléctrica-Electrónica, Computación, Mecánica y Mecatrónica; que son las carreras más aptas para el desarrollo de la Ingeniería Biomédica.

Como primer recomendación, se puede decir que lo siguiente es crear un posgrado donde se continúe el aprendizaje enfocado hacia la investigación o al diseño e implementación de equipo electrónico biomédico, ya se tiene un avance en el CCADET (Centro de Ciencias Aplicadas al Desarrollo Tecnológico) donde existen proyectos de Ingeniería Biomédica, pero no pertenece propiamente a la Facultad de Ingeniería.

También proponer un programa de vinculación entre facultades, se tiene el caso que en la Facultad de Psicología se requiere material humano y tecnológico para actualizar e implementar equipo que les permita una mejor enseñanza, en el caso de las señales biológicas que es algo fundamental para dicha Facultad. Todo esto tiene una gran base académica ya que la UNAM es la primera institución académica que realiza la mayor parte de investigación en el país.

Otro punto de sugerencia dentro de la Facultad de Ingeniería es el que se pueda tener un vínculo entre las carreras involucradas, es decir, que se puedan compartir proyectos del módulo para fines comunes de darse esta relación interdisciplinar se estaría cumpliendo con el objetivo del módulo y, de de manera cualitativa, esto mostraría la solidez y maduración del mismo.

La importancia y necesidad de dar mayor fuerza y solidez al módulo, impulsando las asignaturas en las que la Facultad de Ingeniería se muestra igual o mejor que otras

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

universidades (Audiometría, Biomecánica y Biomateriales; y se puede también añadir: Instrumentación médica; Imagenología y Procesamiento digital de señales), e impartiendo las asignaturas que actualmente no se contemplan en los planes de estudio y que le son muy viables de ofrecer a la Facultad de Ingeniería (MEMS y Logística y administración hospitalaria), y buscando la participación interdisciplinaria de los alumnos.

Los problemas tecnológicos en México, el equipo costoso y la falta del mismo hace que la Ingeniería Biomédica en la UNAM vaya hacia cuestiones marginales aisladas, se pretende buscar soluciones lo más adecuadas al problema social, con lo cual, la interdisciplina de la Ingeniería Biomédica hará que busque no cerrarse a cuestiones meramente ingenieriles, sino sociales, a través de vínculos con el sector salud. El reto es resolver problemas de salud.

El objetivo de las carreras (UIA, UAM, IPN y sobre todo las carreras que marca el documento de Guía de carreras de la IEEE) es resolver problemas de salud, y no acciones de poco provecho.

Como resultado de las comparativas de los planes de estudio, se ubicó la necesidad de poder orientar el módulo hacia donde tenga mayores oportunidades de crecimiento y hacia donde pueda dar un mayor beneficio al sector salud.

La Universidad Nacional Autónoma de México debe formar a los universitarios no como individuos acumuladores de conocimientos, sino como personas íntegras, atentas a las problemáticas y necesidades sociales, en este caso en el campo de la salud, y estar preparadas para ofrecer diversidad de soluciones, por lo cual ha de ser importante fomentar en el ingeniero, que tenga iniciativas para proponer y ofrecer alternativas que permitan mejores servicios de salud de acuerdo a todas las áreas que involucran a la Ingeniería Biomédica.

Como experiencia y enseñanza de este trabajo de tesis hubo grandes aportes de otras instituciones como en la UAM: “La IB en la UAM no es exclusiva de Iztapalapa, sino de todos sus planteles”. De la misma manera, la carrera que se propone, se considera no dejarla totalmente en manos de la Facultad de Ingeniería, sino apoyarse de sus institutos y otras facultades (como anteriormente se propuso con un programa de vinculación). De esta manera se resuelve el problema de la infraestructura, la planta académica, etc. Esto puede resolver los argumentos que van de acuerdo a la forma interdisciplinaria de la Ingeniería Biomédica.

La IB depende mucho de la definición que se tenga sobre esta. Es decir, el impartir una carrera o un posgrado en Ingeniería Biomédica en la UNAM puede no depender en su totalidad de la Facultad de Ingeniería, sino que las diferentes asignaturas pueden impartirse en otras facultades e institutos de la UNAM, logrando adecuar horarios y la propia estructura curricular de la carrera.

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

Sobre la cuestión actual del módulo de Ingeniería Biomédica en la Facultad de Ingeniería se puede decir que lleva el tiempo suficiente (7 años) como para indagar sobre el campo laboral y académico, es decir hacer un balance sobre la ventaja del módulo para sus egresados y para la institución misma. Es más que necesario tener una continuación del módulo, para una carrera como tal se necesita una planta muy alta de profesores, laboratorios y bibliografía; es por eso que se pretende recomendar primero un posgrado para no dejar perder lo que el módulo de Ingeniería Biomédica ha hecho académicamente, como ya se mencionó, seguir la línea de la investigación, implementación y diseño, cosas que las otras instituciones educativas han dejado en un menor porcentaje.

Como punto final se cree que esta área de la Ingeniería como lo es la Ingeniería Biomédica puede resultar muy benéfica para la sociedad, el sector salud y sobre todo para detener el rezago tecnológico del cual somos parte como país, considerando que se ha hecho un gran esfuerzo por mantener el módulo obteniendo becas, proyectos, seminarios y capítulos estudiantiles a veces es difícil pensar en una carrera como tal. La creciente demanda de tecnología nos obliga a hacer énfasis en tener una mayor oportunidad de crecimiento como institución educativa, y esto solo pasaría si nos adecuamos a lo que la sociedad demanda diariamente.

2009

Facultad de Ingeniería, UNAM.

[ANEXO I: PLANES DE ESTUDIO DE LA CARRERA DE IB QUE IMPARTEN ALGUNAS UNIVERSIDADES DEL ÁREA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO.]

Planes de estudio de la carrera Ingeniería Biomédica que imparten algunas Universidades del área Metropolitana de la Ciudad de México.

TABLA No. 1: Plan de Estudios de la carrera Ingeniería Biomédica que se imparte en la UAM, plantel Iztapalapa¹.

Trimestre	Plan de estudios**	Créditos	Nivel
I	Mecánica y Fluidos	126	Primer nivel: tronco General
	Cálculo Diferencial		
	Temas Selectos de Ingeniería Biomédica		
	Método Experimental I		
II	Ondas y Rotaciones		
	Cálculo Integral		
	Transformaciones Químicas		
III	Laboratorio de Simulación		
	Método Experimental II		
	Campos		
	Cálculo Diferencial de Varias Variables		
	Estructura de la Materia		
IV	Cálculo Integral de Varias Variables	213	Segundo nivel: Tronco Básico Profesional
	Álgebra Lineal		
	Programación Orientada a Objetos		
V	Circuitos Eléctricos		
	Ecuaciones Diferenciales Ordinarias I		
	Señales y Sistemas I		
	Circuitos Electrónicos I		
VI	Introducción a la Fisiología Medica		
	Probabilidad y Estadística		
	Señales y Sistemas II		
VII	Circuitos Eléctricos II		
	Fisiología de Sistemas Homeoestáticos		
	Métodos Numéricos		
	Filtrado Analógico y Digital		

¹ Fuente: http://www.uam.mx/licenciaturas/pdfs/22_6a.pdf

	Lógica y Diseño Digital		
	Fisio de los Sistemas Nervioso y Endocrino		
VIII	Secuenciadores y Microprocesadores		
	Ingeniería Biomédica y Sector Salud		
	Análisis de Sis. Biom. de Medición		
IX	Medición de Fen Bioeléctricos		
	Mediciones Biomédicas de P. V y Flujo		
Quinto Nivel: Etapa de Integración			
X	Seminario de Proyectos		Quinto Nivel
XI	Proyecto de Ing. Biomédica I	21	
XII	Proyecto de Ing. Biomédica II		
Materias optativas			
IX-XII	Electrofisiología Celular	9	72 Créditos mínimo, 84 máximo Tercer Nivel: Etapa Complementaria
IX-XII	Fisiología Cuantitativa I	9	
IX-XII	Fisiología Cuantitativa II	9	
IX-XII	Métodos Computacionales en Ingeniería Biomédica	9	
IX-XII	Sistemas de Cómputo	12	
IX-XII	Interfaces Programables	12	
IX-XII	Imagenología Médica	12	
X-XII	Instrumentación de Laboratorio Clínico	12	
X-XII	Instrumentación de Uso Quirúrgico y Terapéutico	12	
X-XII	Procesamiento Digital de Imágenes	9	
IX-XII	Procesamiento de Señales Estocásticas	9	
X-XII	Imagenología por Resonancia Magnética	9	
IX-XII	Circuitos Electrónicos de Interface	12	
IX-XII	Fisiopatología	12	
IX-XII	Estructura de Datos	9	
IX-XII	Visualización por Computadoras de Imágenes Médicas	9	
IX-XII	Control de Sistemas Lineales	9	
IX-XII	Programas de Ingeniería Clínica	9	
IX-XII	Programas Hospitalarios	9	
X-XII	Prácticas Hospitalarias I	12	
X-XII	Prácticas Hospitalarias II	12	
X-XII	Temas Selectos de Ingeniería Biomédica	6	
IV-XII	Etapa de Formación social y Humanista:	40 mínimo,	

**TABLA No. 2: Plan de Estudios de la carrera Ingeniería Biomédica que se imparte en la
UIA, plantel Santa Fe².**

Área	Materia	Créditos	
Materias Obligatorias del Área Básica	Física Universitaria 1 y Taller	10	
	Física Universitaria 2 y Taller	10	
	Laboratorio de Física Universitaria 1	2	
	Laboratorio de Física Universitaria 2	2	
	Taller de Máquinas y Procesos	2	
	Fundamentos de Programación y Laboratorio	10	
	Ingeniería de Circuitos I y Laboratorio	10	
	Introducción a la Ingeniería	4	
	Gráficos y Dibujo por Computadora	4	120
	Cálculo I y Taller	10	
	Cálculo II y Taller	10	
	Cálculo III	8	
	Álgebra Lineal	8	
	Probabilidad y Estadística Aplicada y Taller	10	
	Química General	8	
	Química Orgánica	8	
	Laboratorio de Química General	2	
	Laboratorio de Química Orgánica	2	
Administración de Proyectos en Ingeniería	8		
Anatomía y Fisiología: Organización y Sostén	10		
Materias obligatorias del Área Mayor	Anatomía y Fisiología: Control	10	
	Anatomía y Fisiología: Mantenimiento	10	
	Instrumentación Biomédica I y Laboratorio	10	
	Instrumentación Biomédica II y Laboratorio	10	
	Sistemas de Diagnóstico Clínico y Laboratorio	8	
	Sistemas de Imagenología Médica y Laboratorio	8	172
	Sistemas de Terapia Médica y Laboratorio	10	
	Seminario de Proyecto	2	
	Taller de Análisis del Mercado de Equipo Médico	4	
	Programación Aplicada y Laboratorio	10	
	Dinámica de Procesos	8	
	Ingeniería de Circuitos II y Laboratorio	10	
Diseño de Sistemas Digitales y Laboratorio	12		

² Estudios. Licenciatura en Ingeniería Biomédica. Información tomada del sitio Web de la UIA: <http://www.uia.mx/web/site/tpl-Nivel2.php?menu=adAspirantes&seccion=IBiomedicaestructura>

	Teoría de Sistemas Lineales	10	
	Arquitectura y Programación de Procesadores y Laboratorio	10	
	Ingeniería de Automatización y Laboratorio	12	
	Laboratorio de Bioquímica	2	
	Bioquímica I	8	
	Materias obligatorias del Área Menor		
	Proyecto de Ingeniería Biomédica	12	
3333	Taller de Comunicación	4	
	Ingeniería Hospitalaria y Laboratorio	10	
	Ingeniería Clínica y Laboratorio	10	
	Biomecánica y Laboratorio	10	
	Ingeniería de Rehabilitación: Discapacidades Físicas	10	
	Ingeniería de Rehabilitación: Discapacidades Sensoriales	10	
	Introducción al Estudio de la Discapacidad	8	
	Temas Selectos de Ingeniería Biomédica	10	
	Salud en el Trabajo y Laboratorio	10	
	Diseño en Ingeniería Biomédica	8	
	Instrumentación Avanzada I y Laboratorio	10	
	Instrumentación Avanzada II y Laboratorio	10	
	Sistemas de Bases de Datos y Laboratorio	10	
	Programación Orientada a Objetos y Laboratorio	10	
	Aplicaciones de Procesadores y Laboratorio	10	
	Fundamentos de Redes Digitales y Laboratorio	10	
444	Reflexión Universitaria 1	8	
	Reflexión Universitaria 2	8	32
	Reflexión Universitaria 3	8	
	Reflexión Universitaria 4	8	
	Materias Obligatorias del Área de Servicio Social		
	Práctica Profesional y de Servicio Social	16	* Plan de

46 Mínimo

**TABLA No. 3: Plan de Estudios de la carrera Ingeniería Biomédica que se imparte en la
Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, del IPN³.**

Semestre	Materias		Créditos
Primer semestre	Química general aplicada		
	Biología celular Programación (taller)		
	Biotecnología y sociedad		
	Cálculo diferencial e integral		
	Comunicación y sistemas de información (taller)		
	Física del movimiento aplicada		
	Inglés I		
Segundo semestre	Química orgánica aplicada		
	Álgebra vectorial		
	Estadística		
	Física de la energía aplicada		
	Inglés II		
	Morfología humana		
	Relaciones laborales		
Tercer semestre	Sistemas digitales I		
	Análisis de circuitos		
	Aplicaciones matemáticas (taller)		
	Bioquímica clínica		
	Ecuaciones diferenciales		
	Electroquímica I		
	Ética (taller)		
	Fisiología y biofísica I		
	Ingeniería eléctrica		
Inglés III			
Cuarto semestre	Electrónica I		
	Electroquímica II		
	Fisiología y biofísica II		
	Instrumentación y control		
	Métodos numéricos (taller)		
	Sistemas de calidad		
	Sistemas digitales II		
	Sistemas dinámicos I		
	Tecnología clínica		
Nivel quinto	Biomateriales		
	Electrónica II		
	Fisiopatología I		
	Fisiopatología II		
	Procesamiento digital de bioseñales		
	Redes y telecomunicaciones		

³ Fuente: <http://www.upibi.ipn.mx/carreras.php?modo=detalle&modo2=plan&idcarrera=3&&modo3=1>

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

	Tecnología clínica ambiental		
Sexto semestre	Bioinstrumentación I		
	Electrónica III		
	Formulación y evaluación de proyectos		
	Informática médica		
	Introducción a la física médica		
	Optativa II		
	Procesos de manufactura		
	Proyecto terminal I		
	Tecnología hospitalaria		
Séptimo semestre	Administración de la conservación hospitalaria		
	Bioinstrumentación II		
	Bioinstrumentación III		
	Bioinstrumentación IV		
	Electiva I		
	Imagenología III		
	Optativa		
	Proyecto terminal II		
	Tópicos selectos de ingeniería biomédica I		
Octavo semestre	Bioinstrumentación V		
	Electiva II		
	Proyecto terminal III		
	Tópicos selectos de ingeniería biomédica II		

**TABLA No. 4: Planes de estudio de las carreras de Ingeniería Eléctrica Electrónica,
Ingeniería en Computación e Ingeniería Mecánica de la UNAM, Campus CU.**

ÁREA DE CIENCIAS BÁSICAS			
Ingeniería Eléctrica Electrónica	Ingeniería en Computación	Ingeniería Mecánica	Créditos
Álgebra	Algebra	Álgebra	9
Álgebra Lineal	Algebra Lineal	Álgebra Lineal	9
Calculo Diferencial	Cálculo Diferencial	Calculo Diferencial	9
Calculo Integral	Cálculo Integral	Cálculo Integral	9
Calculo Vectorial	Cálculo Vectorial	Cálculo Vectorial	9
Cinemática y Dinámica	Cinemática y Dinámica	Cinemática y Dinámica	9
Ecuaciones Diferenciales	Ecuaciones Diferenciales	Ecuaciones Diferenciales	9
Electricidad y Magnetismo (L+)		Electricidad y Magnetismo (L+)	11
Estática	Estática	Estática	9
Física de Semiconductores			6
Geometría Analítica	Geometría Analítica	Geometría Analítica	9
Acústica y Óptica (L)			9
Probabilidad y Estadística	Probabilidad y Estadística	Probabilidad y Estadística	9
Química y Estructura. de	Química y Estructura de Materiales		10
Principios. de Termodinámica. y Electromag. (L+)	Principios de Termodinámica y Electromagnetismo (L+)	Termodinámica (L+)	11
		Análisis Numérico (L)	7
		Matemáticas Avanzadas	8
137 Créditos	111 Créditos	127 Créditos	

ASIGNATURAS DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA		
Ingeniería Eléctrica Electrónica	Ingeniería en Computación	Ingeniería Mecánica
Análisis de Circuitos Eléctricos (L+)	Circuitos Eléctricos*	Análisis de Circuitos, laboratorio
Análisis de Sistemas y Señales	Análisis de Sistemas y Señales	Dinámica de Maquinaria, laboratorio
Dinámica de Sistemas Físicos	Estructura y Programación de Computadoras	Modelado de Procesos de Manufactura, (+L)
Diseño Digital (L+)	Estructuras Discretas	Elementos de Mecánica del Medio Continuo
Dispositivos y Circuitos Electrónicos (L+)	Dispositivos y Circuitos Electrónicos	Termodinámica Aplicada
Electrónica de Potencia	Ingeniería de Software	Mecánica de Sólidos
Energía e Impacto Ambiental	Sistemas Operativos	Ciencia de Materiales, laboratorio
Algoritmos y Estructuras de Datos	Algoritmos y Estructuras de Datos	Mecánica de Fluidos I, laboratorio
Sistemas de Comunicaciones Elec. (L+)	Sistemas de Comunicaciones	Modelado de Sistemas Físicos
Fundamentos de Control (L+)	Sistemas de Control	Instrumentación y Control
Teoría Electromagnética (L+)	Lenguajes Formales y Autómatas	Mecanismos
	Lenguajes de Programación	Metalurgia Física, laboratorio
	Bases de Datos	Mecánica de Fluidos II, laboratorio
	Compiladores	Electrónica Básica, laboratorio
		Diseño de Elementos de Máquinas
		Materiales no Metálicos, laboratorio
		Transferencia de Calor, laboratorio
105 Créditos	125 Créditos	154 Créditos

* La asignatura de Circuitos Eléctricos de la Carrera Ingeniería en Computación es una materia obligatoria en su correspondiente Módulo de Ingeniería Biomédica, y se asignó en esta sección por ser una asignatura del área de Ciencias de la Ingeniería y para facilitar la comparación de asignaturas.

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

ASIGNATURAS DE INGENIERÍA APLICADA		
Ingeniería Eléctrica Electrónica	Ingeniería en Computación	Ingeniería Mecánica
Asignaturas Obligatorias		
Circuitos Integrados Analóg. (L+)	Circuitos Integrados Analóg. (L+)*	Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora, laboratorio
Maquinas Eléctricas I (L+)	Dispositivos de Almacenamiento y de E/S	Laboratorio de Máquinas Térmicas
Medición e Instrumentación (L+)	Inteligencia Artificial	Proyecto de Ingeniería Taller
Microprocesadores y Microcontroladores (L+)	Microcomputadoras	
Sist. Eléctricos de Potencia I (L+)	Diseño de Sistemas Digitales	
	Arquitectura de Computadora	
	Redes de Datos	
	Computación Gráfica	
49 Créditos	72 Créditos	14 Créditos
Asignaturas del Módulo de Ingeniería Biomédica		
Asignaturas Obligatorias		
Introducción a la Fisiología (L+)	Introducción a la Fisiología (L+)	
Fundamentos de Instrumentación Biomédica (L+)	Fundamentos de Instrumentación Biomédica (L+)	
Procesamiento Digital de Imágenes Médicas: Imagenología (L+)	Procesamiento Digital de Imágenes Médicas: Imagenología (L+)	
Amplificadores Electrónicos (L+)		
35 Créditos	24 Créditos	6 Créditos
Asignaturas Optativas		
Aplicaciones de Optoelectrónica en Medicina. (L+)	Aplicaciones de Optoelectrónica en Medicina. (L+)	
Sistemas y Equipos Biomédicos Electrónicos	Sistemas y Equipos Biomédicos Electrónicos	
Telesalud	Telesalud	
Transductores Biomédicos	Transductores Biomédicos	
Temas Selectos de Ingeniería Biomédica	Temas Selectos de Ingeniería Biomédica	Temas Selectos de Ing. Biomédica
Audiometría	Audiometría	
Introducción a la Biofísica	Introducción a la Biofísica	
Matemáticas Avanzadas		
Proyecto de Investigación**	Proyecto de Investigación**	
Seminario de Titulación***	Seminario de Titulación***	
		Fisiología
		Logística y admin..Hospitalaria,
		Biomateriales,
		Biomecánica
		Histología
		Introducción a la Anatomía
7 créditos mínimo 91 Créditos mínimo en total	12 Créditos mínimo 97 Créditos mínimo en total	40 Créditos mínimo 60 Créditos mínimo en total
* La asignatura de Circuitos Integrados corresponde al módulo de Ingeniería Biomédica y se sitúa en esta sección para un mejor análisis.		
** La asignatura de Proyecto de investigación únicamente podrá ser seleccionada por los alumnos que elijan la opción de titulación mediante "Tesis o tesina y examen profesional" o titulación por "Actividad de investigación".		
*** La asignatura de Seminario de titulación únicamente podrá ser seleccionada por los alumnos que elijan la opción de titulación por "Seminario de tesis o tesina".		

ASIGNATURAS DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES		
Ingeniería Eléctrica Electrónica	Ingeniería en Computación	Ingeniería Mecánica
Asignaturas obligatorias		
Cultura y Comunicación	Cultura y Comunicación	Cultura y Comunicación
Introducción a la Economía	Introducción a la Economía	Introducción a la Economía
Literatura Hispanoamericana	Literatura Hispanoamericana	Literatura Hispanoamericana
Recursos y Necesidades De México	Recursos y Necesidades De México	Recursos y Necesidades De México
Ética Profesional	Ética Profesional	Ética Profesional
Optativa de Ciencias Sociales y Humanidades	Optativa de Ciencias Sociales y Humanidades	Optativa de Ciencias Sociales y Humanidades
39 créditos mínimo	39 créditos mínimo	39 créditos mínimo
Optativas del Área de Ciencias Sociales y Humanidades**		
Redacción y Exposición de Temas de Ingeniería	Redacción y Exposición de Temas de Ingeniería	Redacción y Exposición de Temas de Ingeniería
Temas Selectos de Filosofía De la Ciencia y de la Tecnología: Ciencia, Tecnología y Sociedad	Temas Selectos de Filosofía De la Ciencia y de la Tecnología: Ciencia, Tecnología y Sociedad	Temas Selectos de Filosofía De la Ciencia y de la Tecnología: Ciencia, Tecnología y Sociedad
Asignaturas del Área de Ciencias Sociales y humanidades en otras entidades académicas de la UNAM	Asignaturas del Área de Ciencias Sociales y humanidades en otras entidades académicas de la UNAM	Asignaturas del Área de Ciencias Sociales y humanidades en otras entidades académicas de la UNAM
		Desarrollo Empresarial
		Legislación Industrial
		Relaciones Laborales y
** El alumno deberá cursar asignaturas optativas del área de sociohumanísticas hasta completar un mínimo de 39 créditos.		

OTRAS ASIGNATURAS CONVENIENTES		
Ingeniería Eléctrica Electrónica	Ingeniería en Computación	Ingeniería Mecánica
OBLIGATORIAS		
Computación para Ingenieros (L+)	Computación para Ingenieros	Computación para Ingenieros
Programación Avanzada y Métodos Numéricos (L+)	Programación Avanzada y Métodos Numéricos	
Costos y Evaluación de Proyectos		Costos e Ingeniería Económica
Optativa de Competencias Profesionales*	Optativa de competencias profesionales*	
		Dibujo Mecánico e Industrial (L)
		Seminario de Ingeniería
28 Créditos mínimo	36 créditos mínimo	26 créditos mínimo
*Optativa de Competencias Profesionales		
Calidad	Calidad	Calidad
Creatividad	Creatividad	Creatividad
Desarrollo Empresarial	Desarrollo Empresarial	OTRAS OPTATIVAS
Relaciones Laborales y Organizacionales	Relaciones Laborales y Organizacionales	Automatización Industrial

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

Sistemas de Planeación	Sistemas de Planeación	Dibujo
	Contabilidad financiera y costos (6)	Diseño Mecatrónico
	Introducción al análisis económico empresarial (6)	Instalaciones Electromecánicas
	Administración de centros de tecnología de información (8)	Liderazgo y Dirección de Empresas
	Costos y evaluación de proyectos (6)	Máquinas Eléctricas,
		Química General,
		Robótica,
		Sistemas Electrónicos Lineales,
		Temas Selectos de Mecatrónica

2009

Facultad de Ingeniería, UNAM.

**[ANEXO II: AGRUPACIÓN DE
ASIGNATURAS DEL MÓDULO
DE INGENIERÍA BIOMÉDICA.]**

1. Agrupación de asignaturas.

Para facilitar el análisis, las materias relacionadas a la ingeniería Biomédica se agruparon de acuerdo a las siguientes categorías: Fisiología. Ingeniería clínica, Instrumentación médica, Imagenología y procesamiento digital de señales e imágenes, Rehabilitación, Biomateriales, y Audiometría.

Las siguientes tablas muestran las categorías, el número de créditos y los porcentajes dedicados en cada plan de estudios para cada una de las categorías.

TABLA No. 1: Categoría 1: Asignaturas de Fisiología.

CATEGORÍA 1: ASIGNATURAS DE FISIOLOGÍA									
Nombre de la Asignatura	OBL	OPT	Créditos	UAM	UIA	IPN	IEE	IC	IM
Introducción a la Fisiología.	X		8				1.94%	1.96%	
Fisiología		X	8						1.97%
Introducción a la Fisiología Médica	X		12	2.54%					
Fisiología de Sistemas Homeostáticos	X		12	2.54%					
Fisiología de los Sistemas Nervioso y Endocrino.	X		12	2.54%					
Electrofisiología celular		X	9	1.90%					
Fisiología Cuantitativa I		X	9	1.90%					
Fisiología Cuantitativa II		X	9	1.90%					
Fisiopatología		X	12	2.54%					
Anatomía y Fisiología: Organización y Sostén.	X		10		2.51%				
Anatomía y Fisiología: Control	X		10		2.51%				
Anatomía y Fisiología: Mantenimiento	X		10		2.51%				
Fisiología y Biofísica I	X		9			2.05%			
Fisiología y Biofísica II	X		9			2.05%			
TOTAL %C OBLIGATORIOS				7.62%	7.53%	4.10%	1.94%	1.96%	0 %
TOTAL %C OPTATIVOS				8.24%	0 %	0 %	0 %	0 %	1.97%

TABLA No 2: Categoría 2: Asignaturas de Ingeniería Clínica

CATEGORÍA 2: ASIGNATURAS DE INGENIERÍA CLÍNICA									
Nombre de la Asignatura	OBL	OPT	Créditos	UAM	UIA	IPN	IEE	IC	IM
Logística y Administración Hospitalaria		X	10						2.46%
Ingeniería Biomédica y Sector Salud	X		9	1.90%					
Instrumentación de Laboratorio Clínico		X	12	2.54%					
Instrumentación de Uso Quirúrgico y Terapéutico		X	12	2.54%					
Programas de Ingeniería Clínica		X	9	1.90%					
Programas Hospitalarios		X	9	1.90%					
Sistemas de Diagnóstico Clínico y Lab.	X		8		2.01%				
Sistemas de Terapia Médica	X		10		2.51%				
Taller Análisis de Mercado de Equipo Médico	X		4		1.00%				
Ingeniería Hospitalaria y Laboratorio		X	10		2.51%				
Ingeniería Clínica y Laboratorio		X	10		2.51%				
Tecnología Hospitalaria (Taller)	X		3			0.68%			
Administración de la Conservación Hospitalaria (Taller)	X		3			0.68%			
Tecnología Clínica	X		7.5			1.71%			
Administración de Tecnologías de Salud	X		6			1.36%			
Tecnología Clínica Ambiental	X		7.5			1.71%			
TOTAL %C OBLIGATORIOS				1.90%	5.52%	6.14%	0 %	0 %	0 %
TOTAL %C OPTATIVOS				8.88%	5.02%	0 %	0 %	0 %	2.46%

CATEGORÍA 3: ASIGNATURAS DE INSTRUMENTACIÓN MÉDICA									
Nombre de la Asignatura	OBL	OPT	Créditos	UAM	UIA	IPN	IEE	IC	IM
Fundamentación de Instrumentación Biomédica (L)	X		8				1.94%	1.96%	
Sistemas y Equipos Biomédicos Electrónicos		X	6				1.45%	1.47%	
Transductores Biomédicos		X	6				1.45%	1.47%	
Aplicaciones de Optoelectrónica en Medicina (L+)		X	8				1.94%	1.96%	
Análisis y Sistemas Biomédicos de Medición	X		12	2.54%					
Medición de Fenómenos Bioeléctricos	X		12	2.54%					
Mediciones Biomédicas de Presión	X		12	2.54%					
Instrumentación Biomédica I y Laboratorio		X	10		2.51%				
Instrumentación Biomédica II y Laboratorio		X	10		2.51%				
Bioinstrumentación I	X		9			2.05%			
Bioinstrumentación II	X		9			2.05%			
Bioinstrumentación III	X		9			2.05%			
Bioinstrumentación IV	X		9			2.05%			
Bioinstrumentación V	X		9			2.05%			
TOTAL %C OBLIGATORIOS				7.62%	0	10.25%	1.94%	1.96%	0
TOTAL %C OPTATIVOS				0	5.02%	0	4.84%	4.90%	0

TABLA NO. 4: Categoría 4: Asignaturas de Imagenología y Procesamiento de Señales e Imágenes.

CATEGORÍA 4: ASIGNATURAS DE IMAGENOLOGÍA Y PROCESAMIENTO DE SEÑALES E IMÁGENES									
Nombre de la Asignatura	OBL	OPT	Créditos	UAM	UIA	IPN	IEE	IC	IM
Procesamiento Digital de Imágenes Médicas: Imagenología (L+)	X		8				1.94%	1.96%	
Procesamiento de Señales Estocásticas		X	9	1.90%					
Imagenología Médica		X	12	2.54%					
Procesamiento Digital de Imágenes		X	9	1.90%					
Visualización por Computadoras de Imágenes Médicas		X	9	1.90%					
Imagenología por Resonancia Magnética		X	9	1.90%					
Sistemas de Imagenología Médica y Laboratorio	X		8		2.01%				
Imagenología	X		6			1.36%			
TOTAL %C OBLIGATORIOS				0 %	2.01%	1.36%	1.94%	1.96%	0 %
TOTAL %C OPTATIVOS				10.14%	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

TABLA No. 5: Categoría 5: Asignaturas de Rehabilitación.

CATEGORÍA 5: REHABILITACIÓN									
Nombre de la Asignatura	OBL	OPT	Créditos	UAM	UIA	IPN	IEE	IC	IM
Biomecánica		X	10						2.46%
Histología		X	8						1.97%
Introducción a la Anatomía		X	8						1.97%
Biomecánica y Laboratorio		X	10		2.51%				
Ingeniería de Rehabilitación: Discapacidades físicas		X	10		2.51%				
Ingeniería de Rehabilitación: Discapacidades sensoriales		X	10		2.51%				
Introducción al Estudio de la Incapacidad		X	8		2.01%				
Morfología	X		7.5			1.71%			
TOTAL %C OBLIGATORIOS				0 %	0 %	1.71%	0 %	0 %	0 %
TOTAL %C OPTATIVOS				0 %	9.54%	0 %	0 %	0 %	6.40%

TABLA No. 6: Categoría 6: Asignaturas de Biometales.

CATEGORÍA 6: BIOMATERIALES									
Nombre de la Asignatura	OBL	OPT	Créditos	UAM	UIA	IPN	IEE	IC	IM
Biomateriales		X	10						2.46%
Blomateriales	X		9			2.05%			
TOTAL %C OBLIGATORIOS				0 %	0 %	2.05%	0 %	0 %	0 %
TOTAL %C OPTATIVOS				0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	2.46%

TABLA No. 7: Categoría 7: Asignaturas de Audiometría.

CATEGORÍA 7: AUDIOMETRÍA									
Nombre de la Asignatura	OBL	OPT	Créditos	UAM	UIA	IPN	IEE	IC	IM
Audiometría		X	6				1.45%	1.47%	
TOTAL %C OBLIGATORIOS				0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
TOTAL %C OPTATIVOS				0 %	0 %	0 %	1.45%	1.47%	0 %

2. Resultados generales de la agrupación por asignaturas.

A continuación se muestra la siguiente tabla con los datos generales de la comparación por categoría.

TABLA No. 8: Número de créditos por categoría y su porcentaje respecto a créditos totales.

NO. DE CRÉDITOS POR CATEGORÍA Y SU PORCENTAJE RESPECTO A CRÉDITOS TOTALES ¹								
CATEGOR	TIPO		UAM	UIA	IPN	IEE	IC	IM
1	Fisiología	OBL	36	30	30	8	8	0
			7.62%	7.53%	4.10%	1.94%	1.96%	0
		OPT	39	0	0	0	0	8
			8.24%	0 %	0 %	0 %	0 %	1.97%
2	Ingeniería Clínica	OBL	9	18	27	0	0	0
			1.90%	5.52%	6.14%	0 %	0 %	0 %
		OPT	42	20	0	0	0	8
			8.88%	5.02%	0 %	0 %	0 %	2.46%
3	Instrumentación médica	OBL	45	0	45	19	19	0
			7.62%	0 %	10.25%	1.94%	1.96%	0 %
		OPT	0	20	0	20	20	0
			0 %	5.02%	0 %	4.84%	4.90%	0 %
4	Imagenología Y Procesamiento de	OBL	0	8	15	8	8	0
			0 %	2.01%	1.36%	1.94%	1.96%	0 %
		OPT	48	0	0	0	0	0
			10.14%	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
5	Rehabilitación	OBL	0	0	7.5	0	0	0
			0 %	0 %	1.71%	0 %	0 %	0 %
		OPT	0	38	0	0	0	26
			0 %	9.54%	0 %	0 %	0 %	6.40%
6	Biomateriales	OBL	0	0	9	0	0	0
			0 %	0 %	2.05%	0 %	0 %	0 %
		OPT	0	0	0	0	0	10
			0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	2.46%
7	Audiometría	OPT	0	0	0	6	6	0
			0 %	0 %	0 %	1.45%	1.47%	0 %

¹ Los porcentajes se obtuvieron considerando los créditos mínimos totales de cada plan de estudio y los créditos reunidos de acuerdo a la clasificación de categorías. Por ejemplo, en la categoría de Fisiología para la carrera de Ingeniería Biomédica en la UIA se consideró el número de créditos totales para este plan de estudios que es de 398, y los 30 créditos obligatorios correspondientes a 3 asignaturas para esta categoría (Anatomía y fisiología: Control; Anatomía y fisiología: Mantenimiento; Anatomía y fisiología: Organización y sostén). Así se obtiene que el plan de estudios de la UIA, dedica el 7.62% de créditos para la categoría de Fisiología.

2009

Facultad de Ingeniería, UNAM.

[BIBLIOGRAFÍA.]

Artículos de la Jornada.

- Nombre del artículo: "Ingeniería biomédica de la *Ibero* desarrolla tres proyectos".

Link:

<http://www.jornada.unam.mx/2008/10/01/index.php?section=sociedad&article=049n1sc>

- Nombre del artículo: "Destacan programas de la Universidad Iberoamericana"

Link: <http://www.jornada.unam.mx/2007/09/27/index.php?section=sociedad&article=046n2soc>

Boletines del capítulo estudiantil de Ingeniería Biomédica de FI:

Boletines Nos. 1, 2 y 4.

Bibliografía:

El artículo denominado Clinical Engineering in Mexico, escrito por la M. en C. Adriana Velázquez directora de CENETEC para el " Dyro, Joseph F.; Clinical Engineering Handbook; Academic Press Series in Biomedical Engineering; 2004"

Las páginas electrónicas de

Facultad de Ingeniería, UNAM

Universidad Autónoma Metropolitana

Instituto Politécnico Nacional

Universidad Iberoamericana

Los siguientes documentos electrónicos:

- Documento “Designing a Career in Biomedical Engineering” de Engineering in Medicine & Biology de la IEEE.
- Documento: “Guía operativa para la elaboración, presentación y aprobación de proyectos de creación y modificación de planes y programas de estudio de licenciatura.” Secretaría General de la UNAM, Unidad de apoyo a los consejos académicos de área, 2006
- Documento: “Plan y programas de estudios de la licenciatura de ingeniería en computación. Aprobado por el Consejo Técnico de la Facultad de Ingeniería los días 25 de febrero, 17 de marzo y 16 de junio de 2005.” Disponible en http://www.ingenieria.unam.mx/revplanes/planes2006/_fundamentaciones/fund_computacion.pdf,
- Documento: “Plan y programas de estudios de la licenciatura de ingeniería eléctrica electrónica. Aprobado por el Consejo Técnico de la Facultad de Ingeniería los días 25 de febrero, 17 de marzo y 16 de junio de 2005”. Disponible en: http://www.ingenieria.unam.mx/revplanes/planes2006/_fundamentaciones/fund_electronica.pdf
- Documento: “Plan y programas de estudios de la licenciatura de ingeniería mecánica, Aprobado por el Consejo Técnico de la Facultad de Ingeniería los días 25 de febrero, 17 de marzo y 16 de junio de 2005”. Disponible en http://www.ingenieria.unam.mx/revplanes/planes2006/_fundamentaciones/fund_mecanica.pdf
- Documento: “Plan y programas de estudios de la licenciatura de ingeniería industrial, Aprobado por el Consejo Técnico de la Facultad de Ingeniería los días 25 de febrero, 4 y 17 de marzo de 2005, y 16 de junio de 2005”. Disponible en http://www.ingenieria.unam.mx/revplanes/planes2006/_fundamentaciones/fund_industrial.pdf
- Documento: "Acuerdos de Tepic". En: Revista de la Educación Superior. ANUIES, Vol. 1, N° 4, octubre-diciembre, 1972.
- Documento: “Plan de estudios aprobado por el Colegio Académico de la UAM, plantel Iztapalapa”. Extraído del sitio Web de la UAM: http://www.uam.mx/licenciaturas/pdfs/22_6a.pdf
- Documento: “Análisis comparativo de planes de estudio de ingeniería biomédica: el caso de la Universidad Autónoma Metropolitana.”, Autor Urbina Medal E., Revista SOMIB, Vol XXVII, Núm. 2, Diciembre 2007, pp 121-129.

Documento proporcionado por el Dr. Boris Escalante, coordinador del módulo de Ingeniería Biomédica de 2001 a 2002

“La Ingeniería biomédica en México: Análisis general, Crecimiento y proyección a Futuro”.

Gómez González, Amanda; García García, Erik; Villagomez Herrera, Alberto Isaac., “Programa Nacional de Telesalud para México”, Revista eSalud, Vol. 3, Número 9 (2007) – I Trimestre, México 2007.

Litewka, Sergio, “Telemedicina: Un desafío para América Latina.” Acta Bioethica 2005, México, Noviembre 2005.

López, J. A. & Gutiérrez, L. (2003), “San Pedro Mártir, Astronomical Site Evaluation”, Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica, Serie de Conferencias, vol. 19, pp. 3-7, October 2003.

CENETEC, “Lineamientos de Operación: Telemedicina”, Programa de Acción e – Salud, México, 2006.