

**PROGRAMA DE L'ESPAI EUROPEU
D'EDUCACIÓ SUPERIOR DEL DURSI:
MASTERS INTERNACIONALS
MASTER EN ENGINYERIA BIOMÈDICA
(Programa Pilot)**

- DOCUMENT INFORMATIU -

- Document presentat a la Comissió de Docència del Consell de Govern del dia 20/04/2004

DOCUMENT CG 6/4 2004

Vicerectorat d'Ordenació Acadèmica
Abril 2004

**Master en Enginyeria Biomèdica
a l'Espai Europeu d'Ensenyament Superior
(Programa Pilot)**

INDEX

1. Introducció	2
2. Objectius i sortides professionals	3
2.1 Àmbit industrial	3
2.2 Àmbit sanitari	4
2.3 Àmbit I+D+i	4
2.4 Necessitats de titulats en Enginyeria Biomèdica	4
3. Competència acadèmica per a impartir aquests estudis	5
4. Pla d'estudis	5
4.1 Estructura general	6
4.2 Relació de coneixements, habilitats i actituds	6
4.3 Distribució de les assignatures i seqüenciació del pla d'estudis	7
4.4 Descriptors de les assignatures obligatòries	8
4.5 Assignatures optatives	10
4.6 Adscripció de les assignatures a les Universitats	10
5. Accés al Pla d'estudis	11
6. Nombre de places que s'ofertaran	12
7. Cost de la posada en marxa dels estudis	12

1. Introducció

L'important avenç que ha experimentat la medicina durant la segona meitat del segle XX no hauria estat possible sense l'aportació de noves i avançades tecnologies, que han permès el desenvolupament de noves solucions a problemes mèdics i socials relacionats amb les malalties i discapacitats, l'anàlisi de l'eficàcia, efectivitat i seguretat de tals solucions, i la gestió de recursos, sistemes d'informació i sistemes de comunicació a l'entorn socio-sanitari.

El concepte global de tecnologies socio-sanitàries és molt ampli i es relaciona, d'una manera genèrica, amb tot el que suposa innovació al servei de la salut o, en un sentit ampli, de la qualitat assistencial de la població, i es dirigeix a les persones que pateixen una malaltia (potencialment tots els ciutadans), a les persones amb discapacitat (més de mig milió de persones a Catalunya) i als sectors de població que requereixen d'una especial atenció, com són les persones grans (prop d'un milió de catalans tenen més de 65 anys).

En aquest context, l'adequada selecció i utilització de les tecnologies sanitàries, juntament amb la investigació científica, el desenvolupament i la innovació tecnològica (I+D+i), es converteixen en instruments fonamentals no solament per a la millora en termes absoluts de la salut, del benestar social i de la qualitat de vida de la població, si no també per optimitzar els beneficis socials que es deriven dels recursos que s'utilitzen amb aquest propòsit.

La definició més difosa en l'actualitat de l'Enginyeria Biomèdica (EB) és "aquella disciplina que aplica els principis elèctrics, mecànics, químics o qualsevol altre principi de l'enginyeria per comprendre, modificar o controlar els sistemes biològics, així com per dissenyar i fabricar productes capaços de monitoritzar funcions fisiològiques i d'assistir en el diagnòstic i el tractament dels pacients". Aquests aspectes essencials de les tecnologies i productes sanitaris estan actualment contemplats a les directives europees i a les legislacions de tots els països desenvolupats.

Durant les darreres dècades, l'impacte de l'EB a la societat ha estat molt important. Bona prova és la gran proliferació de *workshops* a escala europea i mundial, així com els esforços d'integració d'organismes com la Federació Internacional d'Enginyeria Biomèdica (IFMBE), on la secció europea i les diferents societats nacionals estan tractant de definir postures convergents en aspectes que van des de la normalització, certificació i definició de directives sobre equipaments mèdics fins la docència. Un altre aspecte revelador de l'interès que té a l'actualitat l'EB ve donat pel fet que als EUA una fundació com la *Whitaker Foundation* ha invertit milions de dòlars per donar suport econòmic als plans d'estudis d'EB de les universitats nord-americanes, vetllant per la seva continua optimització i permanent adequació als canvis tecnològics.

Per altra part, l'evolució de les tecnologies i l'arribada de la societat de la informació han generat, en un temps relativament curt, una explosió de les tecnologies de la informació i les comunicacions dins de l'EB, condicionant la pràctica dels professionals involucrats en aquest camp i definint noves àrees al voltant dels potents recursos disponibles en relació amb les comunicacions. També cal destacar que l'any 2001 es va crear als EUA el National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering (NIBIB), amb un pressupost anual de 280 milions de dòlars, com un nou membre dels National Institutes of Health (NIH). Es preveu que el nombre de llocs de treball en EB als EUA tingui un creixement del 31,4% en els propers 7 anys, més del doble del previst en terme mitjà als altres sectors.

Els estudis d'EB van començar als EUA l'any 1961 com resposta als progressius avenços de la tecnologia mèdica, sobre tot després de la Segona Guerra Mundial i la conseqüent extensió de la utilització de radiacions ionitzants i la creixent utilització d'aparells electromèdics. Si el 1968 hi havia 47 universitats amb plans d'estudi d'EB, el 1974 eren a prop de 100, arribant el 1982 a 171. En la actualitat, totes elles han mantingut aquests estudis, estant repartides aproximadament a parts iguals les que ofereixen únicament estudis de Màster i de Doctorat i les que, a més d'aquests títols, imparteixen també els de Bachelor o de Primer Cicle.

A Europa els estudis d'EB es van iniciar a principis de la dècada dels 70. Paulatinament van estar implantats a tots els països desenvolupats, freqüentment com ensenyaments que inclouen els tres cicles universitaris convencionals. Actualment hi ha més de 200 universitats impartint títols en Enginyeria Biomèdica a 28 països europeus.

A Catalunya hi ha una tradició de més de 25 anys en la impartició d'assignatures obligatòries i optatives en diversos plans d'estudis d'enginyeria, així com en programes de postgrau, inclosos els de doctorat. No obstant, aquesta oferta és insuficient per cobrir la demanda de treball i, sobre tot, aquesta situació es veu agreujada per la inexistència d'un títol oficial.

2. Objectius i sortides professionals

La potencialitat dels coneixements que es vertebren al voltant de la titulació d'Enginyeria Biomèdica obre un ampli ventall de possibilitats en diferents àmbits. Activitats relacionades amb els productes i serveis socio-sanitaris entorn a la seva concepció i disseny, fabricació, avaluació i certificació, comercialització, selecció, instal·lació i manteniment, formació sobre la utilització d'equipaments mèdics, i recerca són, entre d'altres, les possibles competències professionals relacionades amb aquesta titulació.

L'Enginyeria Biomèdica ha d'aspirar a solucionar qualsevol problema concret d'enginyeria que es plantegi en biologia i medicina. A més, ha de facilitar la conjunció d'especialistes capaços de resoldre problemes complexos amb el personal científic i mèdic que desitja la solució. Ha de conèixer tant la metodologia de l'enginyeria relacionada amb el procés de disseny, com la terminologia mèdica, els conceptes bàsics de biologia i medicina, les peculiaritats del treball amb teixits, òrgans i éssers vius, en particular a l'entorn clínic, i les repercussions socials i econòmiques de la seva actuació. Per això, l'Enginyeria Biomèdica necessita una formació que ha d'incloure una formació tècnic-científica i una altra pràctic-tecnològica, així com una formació adequada en les disciplines bàsiques de la medicina.

Els tres àmbits professionals en els que es situa el desenvolupament d'aquestes activitats són:

- l'industrial,
- el sanitari i
- el de la I+D+i.

2.1 Àmbit industrial

En l'àmbit industrial, a partir de l'estructura presentada en el Libro Blanco de I+D+i en el sector de Productes sanitaris, publicat l'any 2001 per la patronal del sector (FENIN) amb el suport del Ministerio de Ciencia y Tecnología y del Ministerio de Sanidad y Consumo, són 10 els subsectors principals que actuen com demandants d'aquest tipus d'especialització:

- Electromedicina.
- Diagnòstic in vitro.
- Nefrologia.
- Cardiovascular, Neurocirurgia i Tractament del Dolor.
- Implants per a Cirurgia Ortopèdica i Traumatologia.
- Ortopèdia.
- Productes Sanitaris d'un sol Us.
- Serveis Sanitaris.
- Tecnologia Dental.
- Òptica i Oftalmologia.

El volum del mercat estatal del sector de productes sanitaris, d'acord amb l'informe EUCOMED sobre *"European Medical Technologies and Devices Industry Profile 2000"*, es de 4.078 M€. No obstant, en l'actualitat aquest mercat intern està dominat en la seva immensa majoria per filials de companyies d'àmbit multinacional o per empreses de capital nacional que compten amb contractes de distribució de productes sanitaris de companyies fabricants de capital estranger. El sector nacional està constituït, en la seva majoria, per PYMEs fabricants de productes sanitaris de tecnologia mitja-baixa. Existeix, en conseqüència, una forta dependència d'altres països. No obstant, el volum d'exportacions del sector s'estima en més de 483 M€, la qual cosa posa de manifest l'existència d'un interessant teixit industrial nacional i un punt de partida per a l'evolució del sector, sempre que pugui estar suportat per personal adequadament preparat.

A aquesta situació se ha afegit durant els darrers anys un marc legislatiu en la Unió Europea que regula de forma específica els Productes Sanitaris a través de tres Directives comunitàries:

- 90/385/CEE sobre Productes Sanitaris Implantables Actius.
- 93/42/CEE sobre Productes Sanitaris.
- 98/79 /CEE sobre Productes Sanitaris per al Diagnòstic in vitro.

Amb aquestes Directives, transposades a la legislació estatal a través dels corresponents Reals Decrets, qualsevol disseny i/o desenvolupament de producte sanitari ha de contemplar l'acompliment d'uns Requisits Essencials que assegurin la qualitat, seguretat i eficàcia com factors fonamentals, essent el marcatge CE l'aval d'acompliment d'aquesta legislació.

Així doncs, les garanties de qualitat, seguretat i eficàcia exigibles al producte sanitari, unit a la previsible convergència en els propers anys entre la demanda i la producció nacional, assenyalen com requisit imprescindible la presència de professionals que vegin contemplada en la seva formació els aspectes estrictament relacionats amb les tecnologies mèdiques. La figura del responsable de la producció, els professionals del departament de R+D de les empreses fabricants i el personal comercial encarregat d'avaluar les necessitats dels usuaris i la formació del personal sanitari són les sortides professionals immediates d'aquest tipus de titulats.

2.2 Àmbit sanitari

Una segona àrea en la que la presència del titulat en Enginyeria Biomèdica realitza un paper molt important en els països del nostre entorn és l'àmbit sanitari. El centre hospitalari s'ha configurat com el lloc on conflueixen les tècniques i tecnologies més avançades i sofisticades del nostre Sistema Sanitari. No obstant, els criteris d'adquisició d'equipament, la utilització més adequada d'aquests equips o la racionalització en la seva utilització no disposa d'un responsable directe, en la majoria dels centres, que combini coneixements tècnics amb una adequada formació sobre l'aplicació d'aquestes tecnologies. L'aparició de noves formes d'atenció sanitària (telemedicina en assistència domiciliària, sistemes experts de monitorització, ...) també requereix la participació de professionals experts en les tecnologies associades.

En l'actualitat existeixen a España 800 hospitals (*Medistat Reports*), dels que únicament al voltant de 250 compten amb algun tipus de personal tècnic que assumeix, en la pràctica totalitat dels casos, tasques de manteniment d'instal·lacions. Les activitats d'adquisició, actualització, utilització, racionalització, estretament lligades amb una major eficiència de processos i una millora de la qualitat assistencial, queden diluïdes entre diferents responsables (gerència, caps de servei, personal sanitari divers, etc.) y és més, el vehicle habitual de formació és el personal comercial de les diferents empreses distribuïdores de productes. Davant d'aquesta situació, la presència de titulats en EB, amb un bagatge de coneixements que permeti discernir, des d'una perspectiva lligada a les necessitats del centre sanitari, les polítiques més adequades en tots aquests aspectes, modificaria la confusa situació existent.

2.3 Àmbit I+D+i

El tercer àmbit d'actuació del titulat en EB correspon a les activitats de I+D+i a les empreses i als centres i grups de recerca científica i tecnològica públics i privats. La seva actuació en aquest àmbit ha de suposar el motor i el suport a la resta d'activitats assenyalades anteriorment. D'acord amb les dades presentades a l'informe elaborat per EUCOMED, les inversions en recerca i desenvolupament de productes sanitaris davant la despesa global del mercat es situen en un 4%, estant molt allunyades de percentatges com els de Alemanya (8-10%) o els de la mitjana europea (6,9%). Les tasques a desenvolupar en aquest àmbit es centren en activitats de recerca, desenvolupament de producte, assessorament, certificació i avaluació de productes i instal·lacions.

2.4 Necessitats de titulats en Enginyeria Biomèdica

Considerant els llocs de treball anteriorment esmentats és possible estimar les necessitats de titulats en els propers anys a l'estat espanyol, d'acord amb les següents hipòtesis obtingudes a partir de les dades presentades als informes elaborats per EUCOMED i *Medistat Reports*:

- L'ocupació en el sector de productes sanitaris és de 13.000 persones (4,1% del conjunt de la UE).
- El mercat de productes sanitaris representa el 5,9% del global de la UE.
- En aquesta anàlisi s'estimen dues tasses d'ocupació per aquesta titulació: 10% i 15% del conjunt de nous treballadors d'aquest sector industrial.
- En el sector industrial s'estima una tasa de recanvi de la població productiva cada 45 anys.

- La convergència entre el nombre de treballadors existents a l'actualitat i el que correspon al volum del mercat espanyol, en termes comparatius als de la UE, es planteja en un període de 10 anys.
- En l'àmbit sanitari (800 hospitals) s'estima la incorporació durant 10 anys de dues persones per centre (en 250 hospitals com la hipòtesi més restrictiva i en 500 hospitals com la més optimista).
- En els centres de recerca es preveu una incorporació en un termini de 5 anys de 50 titulats.

D'acord amb les hipòtesis anteriors les tasses d'absorció anuals (titulats/any) d'ocupació a l'estat espanyol, durant els propers 5 anys (0-5), i dels següents 5 anys (6-10) serien les següents:

HIPÓTESIS	PERIODES (ANYS)	
	0-5	6-10
Hipòtesis més restrictiva	146 titulats/any	136 titulats/any
Hipòtesis menys restrictiva	239 titulats/any	229 titulats/any

Es pot estimar que un mínim d'un 25% dels titulats a l'Estat espanyol poden correspondre a Catalunya, que representa 36 titulats/any durant els propers cinc anys amb la hipòtesi més restrictiva, i 59 titulats/any amb la hipòtesi menys restrictiva.

A més, està previst que segueixin aquests estudis alumnes d'altres països, principalment de l'Amèrica Llatina, amb recursos de beques per a estudiants dels programes europeus ALFA i ERASMUS MUNDUS.

3. Competència acadèmica per a impartir aquests estudis

A les Universitats UB i UPC hi ha experiència en l'àmbit de la docència i investigació en Enginyeria Biomèdica que garanteix la qualitat de la docència proposada. Hi ha un nombre important de professors universitaris que s'ha agrupat en estructures interdepartamentals a les seves universitats:

- *Centre Especial de Recerca en Bioelectrònica i Nanobiociència (CBEN)* a la UB
- *Centre de Recerca en Enginyeria Biomèdica (CREB)* a la UPC

i la seva coordinació s'ha consolidat amb el recentment creat *Centre de Referència en Bioenginyeria de Catalunya (CREBEC)*.

Hi ha una tradició de més de 20 anys en la impartició de docència conjunta, en estudis de Tercer cicle universitari en col·laboració amb els hospitals del nostre entorn (Hospital Clínic, Hospital de Bellvitge, Hospital de la Santa Creu i Sant Pau, Hospital del Mar, Hospital Germans Trias i Pujol, Hospital Vall d'Hebron). Així com en la col·laboració en projectes de recerca, en el marc de la *Xarxa Temàtica en Enginyeria Biomèdica de Catalunya*.

4. Pla d'estudis

Aquests estudis oficials de Màster en Enginyeria Biomèdica, a l'Espai Europeu d'Ensenyament Superior, es plantegen com un Programa Pilot doncs estan dissenyats seguint les directrius del "Proyecto de Real Decreto por el que se regulan los Estudios Universitarios Oficiales de Postgrado y la obtención de títulos oficiales de Máster y de Doctor" del 26.9.03. El present document s'adaptarà quan surti la normativa definitiva.

Així mateix aquests estudis estan organitzats de manera que puguin formar part, en un proper futur, d'un Màster Europeu en Enginyeria Biomèdica, en coordinació amb altres universitats de reconegut prestigi en aquest camp pluridisciplinar. Hi ha contactes preliminars amb l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne, el Politecnico di Milano, el Politecnico di Torino, la Universität Karlsruhe, la Université Pierre et Marie Curie - Paris 6 y la University of Cambridge.

La European Alliance for Medical and Biological Engineering and Science (EAMBES) està preparant un procediment per a l'acreditació dels estudis de Enginyeria Biomèdica a Europa. En el moment en que es publiqui aquest procediment està previst sol·licitar l'acreditació per a aquest Màster en Enginyeria Biomèdica impartit conjuntament per la UB i la UPC

4.1 Estructura general

El Pla d'estudis s'estructura en 4 quadrimestres i un total de 120 crèdits europeus ECTS.

Els estudiants hauran de cursar durant el primer quadrimestre 24 crèdits d'equiparació (aspectes biomèdics o aspectes tècnics) en funció de la seva titulació d'origen. Els estudiants amb una titulació tècnica estudiaran els 24 crèdits corresponents a aspectes biomèdics en les següents matèries:

- Fonaments de biologia molecular i cel·lular
- Fonaments de biofísica
- Fonaments de fisiologia
- Fonaments de fisiopatologia

Els estudiants amb una titulació en el camp de la medicina i la biologia estudiaran els 24 crèdits corresponents a aspectes tècnics en les següents matèries:

- Fonaments matemàtics
- Fonaments físics
- Fonaments d'informàtica i comunicacions
- Fonaments de teoria de circuits, electrònica i automàtica

Entre els quadrimestres 1, 2 i 3 els estudiants tindran assignatures corresponents a matèries obligatòries, amb un total de 66 crèdits.

En el darrer quadrimestre els estudiants elegiran entre dues opcions, depenent del perfil escollit:

- A. *Especialització professional*. Aquest perfil estarà dedicat a possibilitar a l'estudiant una formació avançada, de caràcter especialitzat, en els corresponents àmbits industrial i/o sanitari de l'enginyeria biomèdica. Hi ha la possibilitat de realitzar un període de pràctiques en un hospital o empresa del sector.
- B. *Iniciació a la investigació*. Aquest perfil estarà dedicat a la preparació per a la investigació en un determinat camp de l'enginyeria biomèdica. Hi ha la possibilitat de realitzar un període de pràctiques en un laboratori de recerca a empreses o centres públics de recerca. Aquesta opció de *Iniciació a la investigació* dona pas als estudis de doctorat, segons el "Proyecto de Real Decreto por el que se regulan los Estudios Universitarios Oficiales de Postgrado y la obtención de títulos oficiales de Máster y de Doctor" del 26.9.03.

Cadascuna d'aquestes opcions més el PFC té una extensió de 30 crèdits. La part optativa correspon al 15% del total de crèdits d'aquests estudis.

4.2 Relació de coneixements, habilitats i actituds

Per assolir els objectius cal un pla d'estudis que ofereixi continguts actualitzats que facin compatible els fonaments de les diferents disciplines amb la seva aplicació al camp sanitari i el món industrial. Els estudiants han d'adquirir uns coneixements, desenvolupar unes habilitats i adoptar unes actituds que els habilitin per a l'exercici de l'Enginyeria Biomèdica en múltiples nivells de responsabilitat i en entorns molt diversos.

Coneixements específics de la titulació

1. El lèxic i la simbologia de la instrumentació i dispositius biomèdics.
2. El càlcul i disseny d'equips i sistemes biomèdics.
3. La instrumentació i dispositius biomèdics.
4. Les tècniques d'anàlisi i interpretació de senyals i imatges biomèdics.
5. El programari específic dels sistemes d'informació hospitalaris.
6. Les tècniques de modelització i simulació de sistemes biològics.
7. Els microsistemes i la nanobioenginyeria.
8. Les tècniques de valoració de l'eficàcia i efectivitat de processos sanitaris.
9. La reglamentació i normatives específiques dels productes sanitaris.
10. Els aspectes ètics i deontològics.

Habilitats específiques de la titulació

1. Capacitat d'analitzar sistemes complexos i decidir quins són els aspectes o subsistemes més rellevants segons les especificacions de la tasca a realitzar.
2. Capacitat d'emprar la instrumentació bàsica i específica de l'enginyeria biomèdica.
3. Capacitat de comprovar experimentalment la validesa dels models teòrics dels aparells, dispositius, màquines i sistemes propis de l'enginyeria biomèdica.
4. Capacitat d'implementar els sistemes d'adquisició de dades i d'actuació, tant en els seus aspectes de maquinari com de programari.
5. Capacitat d'adaptar-se al llenguatge, mètodes i sistemes d'altres branques de l'enginyeria.
6. Capacitat de gestionar bibliografia, documentació, legislació, bases de dades i programari específics de l'enginyeria biomèdica.

Habilitats complementàries

1. Capacitat de treballar en equip.
2. Capacitat de comunicar de manera efectiva, en forma oral i escrita, a tots els nivells (equips de treball, empresa i societat en general).
3. Capacitat d'adaptar-se a entorns en evolució.

Actituds

1. Desig de perfeccionament professional continuat.
2. Esperit crític.
3. Sensibilitat ètica, socioeconòmica i mediambiental.
4. Disposició a col·laborar de manera oberta amb altres professionals
5. Consciència del paper de l'enginyer en el món actual.

4.3 Distribució de les assignatures i seqüenciació del pla d'estudis

Quadrimestre 1

- Assignatures d'equiparació (24 crèdits = 18 Teo + 6 Pra)
- Bioelectricitat i bioelectromagnetisme (6 cr. = 4,5 Teo + 1,5 Pra)

Total 30 cr. (22,5 Teo + 7,5 Pra)

Quadrimestre 2

- Biomecànica (4,5 cr. = 3 Teo + 1,5 Pra)
- Dispositius biomèdics (4,5 cr. = 3 Teo + 1,5 Pra)
- Informàtica mèdica i telemedicina (4,5 cr. = 3 Teo + 1,5 Pra)
- Instrumentació biomèdica (6 cr. = 3 Teo + 3 Pra)
- Mètodes de modelització i simulació de biosistemes (4,5 cr. = 3 Teo + 1,5 Pra)
- Senyals biomèdics (6 cr. = 3 Teo + 3 Pra)

Total 30 cr. (18 Teo + 12 Pra)

Quadrimestre 3

- Biomaterials (6 cr. = 3 Teo + 3 Pra)
- Enginyeria clínica i models sanitaris (6 cr. = 4,5 Teo + 1,5 Pra)
- Imatges biomèdiques (6 cr. = 3 Teo + 3 Pra)
- Modelització i simulació de sistemes fisiològics (6 cr. = 3 Teo + 3 Pra)
- Projecte i disseny d'equips i sistemes biomèdics (6 cr. = 1,5 Teo + 4,5 Pra)

Total 30 cr. (15 Teo + 15 Pra)

Quadrimestre 4

- Opció A1: Pràctiques en un hospital o empresa del sector (18 cr. = 3 Teo + 15 Pra)
- Opció A2: Assignatures optatives (18 cr. = 6 Teo + 12 Pra)
- Opció B1: Pràctiques en un laboratori de recerca (18 crèdits = 3 Teo + 15 Pra)
- Opció B2: Assignatures optatives (18 cr. = 6 Teo + 12 Pra)
- Projecte Final de Carrera (12 crèdits = 0 Teo + 12 Pra)

Total 30 cr. (Opció A1 ó B1: 3 Teo + 27 Pra; Opció A2 ó B2: 6 Teo + 24 Pra;)

Total 120 crèdits ECTS

Opció A1 ó B1: 58,5 Teo + 61,5 Pra

Opció A2 ó B2: 61,5 Teo + 58,5 Pra

4.4 Descriptors de les assignatures obligatòries

Bioelectricitat i bioelectromagnetisme (6 cr.)

Senyals bioelèctrics. Potencials intracel·lulars. Potencial d'acció. Propagació de senyals elèctrics. Circuit equivalent d'una membrana cel·lular. Interfície electrolit-electrode. Mesura de biopotencials. Conductivitat i estimulació elèctrica de teixits. Biomagnetisme. Efectes de camps i radiacions no ionitzants sobre cèl·lules i teixits.

Biomaterials (6 cr.)

Classificació i descripció de biomaterials. Característiques físiques, biocompatibilitat i estabilitat biològica dels biomaterials.

Biomecànica (4,5 cr.)

Camps d'aplicació de la biomecànica. Comportament biomecànic dels teixits, estructures i sistemes corporals. Fonaments i tècniques d'anàlisi biomecànic de l'organisme humà. Biomecànica clínica.

Dispositius biomèdics (4,5 cr.)

Sistemes de mesura biomèdics. Sensors i transductors. Sensors actius i de paràmetre variable. Sensors químics. Acondicionadors de senyals biomèdics.

Enginyeria clínica i models sanitaris (6 cr.)

Avaluació de productes sanitaris. Tècniques de valoració de l'eficàcia i efectivitat de processos sanitaris. Models d'agències d'avaluació de tecnologia sanitària. Descripció de models organitzatius. Legislació i normatives bàsiques. Aspectes ètics en l'assistència sanitària i la recerca biomèdica.

Imatges biomèdiques (6 cr.)

Microscopia òptica i electrònica. Ultrasons. Radiografia i tomografia computaritzada. Gammagrafia i tomografia d'emissió (SPECT, PET). Ressonància magnètica. Imatges digitals i formats d'imatge mèdica. Transformada de Fourier multidimensional. Histograma d'imatge. Filtratge. Segmentació. Restauració. Reconstrucció 3D.

Informàtica mèdica i telemedicina (4,5 cr.)

Maquinari i programari. Sistemes basats en computadors. Sistemes d'informació hospitalària. Comunicacions i xarxes de comunicacions digitals. Xarxes locals. Telemedicina. Privacitat i seguretat de dades.

Instrumentació mèdica (6 cr.)

Equips mèdics de monitorització, diagnòstic (sistema cardiovascular, respiratori, ...) i teràpia (equips electroquirúrgics, marcapassos, ventiladors mecànics, ..). Sistemes robotitzats de diagnòstic i tractament. Enginyeria de rehabilitació. Implants. Exopròtesis i ortesis. Òrgans artificials.

Mètodes de modelització i simulació de biosistemes (4,5 cr.)

Models paramètrics i no paramètrics. Anàlisi de sistemes no lineals. Anàlisi de complexitat i caos. Modelització d'oscil·ladors biològics. Mètodes d'identificació. Estimació de paràmetres. Validació de models. Simulació i eines de simulació.

Modelització i simulació de sistemes fisiològics (6 cr.)

Models dels sistema cardiovascular. Models del sistema respiratori. Models de l'activitat neuronal. Models farmacocinètics. Models de les estructures i funcions cel·lulars. Sistemes realimentats de control biològic. Aplicacions diagnòstiques i terapèutiques.

Projecte i disseny d'equips i sistemes biomèdics (6 cr.)

Disseny d'equips. Normatives aplicables: directives de productes sanitaris, seguretat i anàlisi de risc. Control de qualitat. Verificació i manteniment. Metodologia, organització i gestió de projectes.

Senyals biomèdics (6 cr.)

Senyals continus i discrets. Anàlisi de senyals deterministes i aleatoris. Transformades ortogonals i estimació espectral. Filtres digitals FIR i IIR. Filtratge d'artefactes en senyals biomèdics. Detecció de senyals i events biològics. Interpretació de senyals. Aplicacions al processament de diferents senyals biomèdics.

4.5 Assignatures optatives

Es proposen inicialment com assignatures optatives de 4,5 crèdits les que es detallen seguidament:

- Bioenginyeria molecular i cel·lular
- Bioinformàtica
- Enginyeria de teixits
- Enginyeria hospitalària
- Instrumentació bioanalítica
- Microsistemes i nanobioenginyeria

a més d'altres assignatures optatives que seran adaptacions d'assignatures dels actuals Programes de Doctorat de la UB i la UPC en Enginyeria Biomèdica

4.6 Adscripció de les assignatures a les Universitats

Universitat de Barcelona

- Assignatures d'equiparació (Aspectes biomèdics i aspectes tècnics) (30 crèdits)
- Bioelectricitat i bioelectromagnetisme (6 cr.)
- Dispositius biomèdics (4,5 cr.)
- Imatges biomèdiques (6 cr.)
- Informàtica mèdica i telemedicina (4,5 cr.)
- Modelització i simulació de sistemes fisiològics (6 cr.)
- Optatives
 - o Bioenginyeria molecular i cel·lular (4,5 cr.)
 - o Bioinformàtica (4,5 cr.)
 - o Instrumentació bioanalítica (4,5 cr.)
 - o Microsistemes i nanobioenginyeria (4,5 cr.)
 - o Altres assignatures

Total: 57 crèdits d'assignatures obligatòries + x crèdits d'assignatures optatives

Universitat Politècnica de Catalunya

- Assignatures d'equiparació (Aspectes tècnics) (18 crèdits)
- Biomaterials (6 cr.)

- Biomecànica (4,5 cr.)
- Enginyeria clínica i models sanitaris (6 cr.)
- Instrumentació biomèdica (6 cr.)
- Mètodes de modelització i simulació de biosistemes (4,5 cr.)
- Projecte i disseny d'equips i sistemes biomèdics (6 cr.)
- Senyals biomèdics (6 cr.)
- Optatives
 - o Enginyeria de teixits (4,5 cr.)
 - o Enginyeria hospitalària (4,5 cr.)
 - o Altres assignatures

Total: 57 crèdits d'assignatures obligatòries + x crèdits d'assignatures optatives

5. Accés al Pla d'estudis

Es planteja l'accés directe al títol de Màster en Enginyeria Biomèdica a l'Espai Europeu d'Ensenyament Superior (Programa Pilot) als estudiants en possessió dels següents títols:

- Enginyeria de Materials
- Enginyeria de Telecomunicació
- Enginyeria en Electrònica
- Enginyeria Industrial
- Enginyeria Informàtica
- Enginyeria Química
- Llicenciatura en Biologia
- Llicenciatura en Física
- Llicenciatura en Química
- Llicenciatura en Farmàcia
- Llicenciatura en Medicina i Cirurgia

Disposició transitòria. Excepcionalment podran accedir els estudiants en possessió dels títols que es detallen a continuació, prèvia admissió efectuada per l'òrgan responsable del Programa de Màster, conforme als criteris de valoració de mèrits establerts per la UB i la UPC.

- Enginyeria Tècnica Industrial, especialitat en Electricitat
- Enginyeria Tècnica Industrial, especialitat en Electrònica Industrial
- Enginyeria Tècnica Industrial, especialitat en Mecànica
- Enginyeria Tècnica Industrial, especialitat en Química Industrial
- Enginyeria Tècnica en Telecomunicació, especialitat en Sistemes Electrònics
- Enginyeria Tècnica d'Informàtica de Sistemes

o que hagin superat el primer cicle dels títols de:

- Enginyeria de Materials
- Enginyeria de Telecomunicació

- Enginyeria en Electrònica
- Enginyeria Industrial
- Enginyeria Informàtica
- Enginyeria Química
- Llicenciatura en Biologia
- Llicenciatura en Física
- Llicenciatura en Química
- Llicenciatura en Farmàcia
- Llicenciatura en Medicina i Cirurgia

S'establiran els mecanismes per a la determinació de complements de formació a estudiants provinents d'altres titulacions.

6. Nombre de places que s'ofertaran

Està previst ofertar 30 places el primer any d'impartició dels estudis, 40 el segon any i a partir del tercer any 50 places.

7. Cost de la posada en marxa dels estudis

Per a la valoració del cost de la posada en marxa del títol de Màster en Enginyeria Biomèdica a l'Espai Europeu d'Ensenyament Superior (Programa Pilot) es tenen en compte les següents consideracions:

- Les Assignatures d'equiparació (Aspectes biomèdics) i les Assignatures d'equiparació (Aspectes tècnics) s'impartiran simultàniament a diferents estudiants, representant una càrrega docent doble
- Les pràctiques de les Assignatures d'equiparació es realitzaran als laboratoris existents actualment als centres docents involucrats
- S'impartirà un grup de Teoria per a cadascuna de les assignatures
- Les classes de Pràctiques s'impartiran en grups de 15 estudiants
- Els estudiants podran elegir entre les opcions A1, A2, B1 i B2, representant una càrrega docent addicional
- S'utilitzaran les aules d'informàtica existents als centres docents
- Caldrà adquirir software específic per a la realització de pràctiques a les aules d'informàtica (processament de senyals biomèdics, processament d'imatges biomèdiques, modelització i simulació de biosistemes, ...)
- Caldrà adquirir material per a la posta en marxa dels laboratoris de pràctiques específiques d'enginyeria biomèdica (biomecànica i biomaterials, instrumentació, dispositius i sistemes biomèdics, ...)

La càrrega docent que correspon a aquesta titulació de Màster en Enginyeria Biomèdica, a l'Espai Europeu d'Ensenyament Superior (Programa Pilot), és de 277,5 crèdits un cop s'hagi estabilitzat amb 50 estudiants en règim permanent, la qual cosa representa una dedicació de 12 professors.

La despesa anual per professorat, material fungible de laboratori i llicències de software, per a una docència de 50 estudiants, es valora en 450.000 €/any.

La posada en marxa del títol requerirà una partida extraordinària inicial de material inventariable i software valorat en 100.000 €, per als laboratoris de biomecànica i biomaterials, instrumentació, dispositius i sistemes biomèdics, ..., i el software de processament de senyals biomèdics, processament d'imatges biomèdiques, modelització i simulació de biosistemes, ...

