

Engineering in Medicine & Biology

*Cómo planificar  
una carrera  
profesional  
en ingeniería  
biomédica*





Copyright © IEEE 2003 – 2015 Todos los derechos reservados.

*Derechos de autor y permisos de reimpresión:*

Se permite la reimpresión de esta información siempre que se cite la fuente. Se permite a las bibliotecas fotocopiar, más allá de los límites establecidos por la ley de derechos de autor de los EE. UU. para uso privado de los patrocinadores, aquellos artículos en este volumen que contienen un código en la parte inferior de la página, siempre que se pague la tarifa indicada por copia a través del

Copyright Clearance Center,  
222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923.

Para obtener otro permiso de reimpresión o reedición, escriba al gerente de derechos de propiedad intelectual, Centro de operaciones de IEEE,  
445 Hoes Lane, Piscataway, New Jersey, EE. UU., 08854.



# Cómo planificar una carrera profesional en ingeniería biomédica

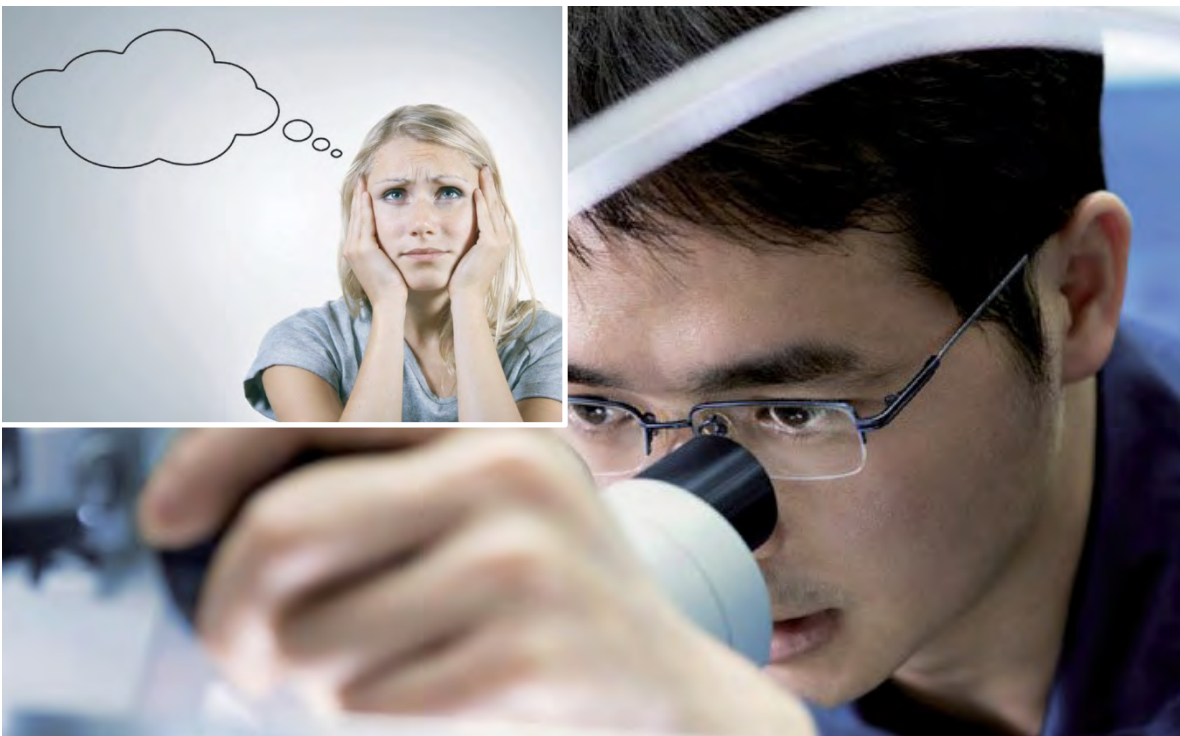
## ¿Es la ingeniería biomédica adecuada para usted?

*¿Qué tipo de carrera profesional imagina? ¿Médico? ¿Abogado? ¿Científico? ¿Ingeniero? ¿Maestro? ¿Director ejecutivo? ¿Gerente? ¿Vendedor?*

No existe “un” camino hacia una carrera profesional en ingeniería biomédica; dado que esta importante área técnica es interdisciplinaria, hay muchas maneras de diagramar su carrera académica en este emocionante campo. Los ingenieros biomédicos usan su experiencia en biología, medicina, física, matemática, ciencia de la ingeniería y comunicaciones para hacer del mundo un lugar más saludable. Los desafíos que imponen la diversidad y complejidad de los sistemas vivos requieren que personas creativas, informadas e imaginativas trabajen en equipos de médicos, científicos, ingenieros e incluso profesionales de negocios para supervisar, restaurar y mejorar el funcionamiento normal del cuerpo. En el mejor de los casos, el ingeniero biomédico se capacita para trabajar en el área donde se cruzan la ciencia, medicina y matemática con el objetivo de resolver problemas biológicos y médicos.

El campo de la ingeniería biomédica incluye a aquellas personas con títulos formales en ingeniería biomédica, así como a aquellos con títulos en otras disciplinas de la ingeniería quienes, a través de trabajo práctico (por ejemplo, una subespecialización en biología) o a través de la experiencia, han alcanzado el dominio de una o más áreas de investigación y aplicación biomédica. Muy de vez en cuando, los biólogos o científicos biomédicos que han adquirido habilidades en ingeniería también se consideran miembros de este campo.

Una definición de ingeniería biomédica sería todo aquello que combine, en cualquier proporción, la biología o medicina por un lado y una de las disciplinas de la ingeniería por el otro. La ingeniería biomédica es, por lo tanto, un campo muy amplio (le tomaría toda una vida a una persona talentosa poder dominar tan solo unas pocas de las muchas disciplinas). Esto significa que es importante comprender la amplitud del campo, pero es necesario concentrarse en lo que realmente le interesa. Este folleto describe muchas de las cuestiones y los temas que les interesan a los ingenieros biomédicos de hoy en día.



*Los ingenieros biomédicos usan su experiencia en biología, medicina, física, matemática, ciencia de la ingeniería y comunicaciones para hacer del mundo un lugar más saludable.*



# Cómo planificar una carrera profesional en ingeniería biomédica

## ¿Qué hacen los ingenieros biomédicos?

Tal vez una pregunta más sencilla de responder es la siguiente: ¿Qué no hacen los ingenieros biomédicos? Los ingenieros biomédicos trabajan en sectores industriales, instituciones académicas, hospitales y agencias gubernamentales. Algunos pueden pasar sus días diseñando, fabricando o probando dispositivos mecánicos, como prótesis y órtesis, mientras que otros diseñan circuitos eléctricos y software informático para instrumentación médica. Estos instrumentos pueden variar desde grandes sistemas de diagnóstico por imágenes, como radiografías convencionales, tomografía computarizada (una especie de radiografía tridimensional mejorada por computadora) e imágenes por resonancia magnética, hasta pequeños dispositivos implantables, como marcapasos, implantes cocleares y bombas de infusión para administrar medicamentos.

Los ingenieros biomédicos pueden usar la química, la física, los modelos matemáticos y la simulación computacional para desarrollar nuevas terapias farmacológicas. De hecho, los ingenieros biomédicos han logrado una cantidad considerable de avances en la comprensión de cómo funciona el cuerpo y cómo trabajan los sistemas biológicos. Pueden usar modelos matemáticos y estadísticas para estudiar muchas de las señales generadas por órganos, como el cerebro, corazón y músculo esquelético. Algunos ingenieros biomédicos diseñan órganos, extremidades, rodillas y caderas artificiales, válvulas cardíacas e implantes dentales para reemplazar la función perdida; otros desarrollan tejido vivo para reemplazar los órganos con insuficiencia. El desarrollo de partes del cuerpo artificiales requiere que los ingenieros biomédicos usen la química y la física para desarrollar materiales duraderos que sean compatibles con un entorno biológico.

Los ingenieros biomédicos ayudan a traducir los órganos humanos complejos, como el corazón o el cerebro, en miles de ecuaciones matemáticas y millones de puntos de datos, que luego se ejecutan como simulaciones por computadora. El resultado es una simulación visual que se asemeja y se comporta de forma parecida al órgano real que imita.

Los ingenieros biomédicos también trabajan para desarrollar tecnología inalámbrica que le permita a los pacientes y médicos comunicarse a grandes distancias. Muchos ingenieros biomédicos se dedican a la rehabilitación, diseñando mejores andadores ortopédicos, equipo de ejercitación, robots y dispositivos terapéuticos para mejorar el desempeño humano. También resuelven problemas a nivel celular y molecular. Para ello, desarrollan nanotecnología y micromáquinas para reparar el daño en el interior de las células y alterar la función genética. Los ingenieros biomédicos trabajan además para desarrollar simulaciones tridimensionales que aplican las leyes de la física a los movimientos de los tejidos y líquidos. Los modelos resultantes pueden ser invaluable para comprender cómo funciona el tejido y cómo un reemplazo protésico, por ejemplo, podría funcionar en las mismas condiciones.



*Algunos ingenieros biomédicos pueden pasar sus días diseñando, fabricando o probando dispositivos mecánicos, como prótesis y órtesis, mientras que otros diseñan circuitos eléctricos y software informático para instrumentación médica.*

# Cómo planificar una carrera profesional en ingeniería biomédica

Algunos ingenieros biomédicos solucionan problemas biomédicos como médicos, gerentes comerciales, abogados de patentes, fisioterapeutas, profesores, científicos dedicados a investigación, maestros y escritores técnicos. Otra área en la que los ingenieros biomédicos sobresalen es en ventas e ingeniería de campo. Si bien estas carreras profesionales a menudo requieren capacitación adicional más allá del título profesional en ingeniería biomédica, todas son adecuadas para la persona capacitada en ingeniería biomédica. A veces, los ingenieros eléctricos, mecánicos, informáticos u otros tipos de ingenieros pueden trabajar en problemas relacionados con la bioingeniería. Después de algunos años, pueden haber adquirido tanta experiencia relacionada con la biomedicina que se los puede considerar ingenieros biomédicos.

## ¿Cómo se diferencian los ingenieros biomédicos de otros ingenieros?

Los ingenieros biomédicos deben integrar la biología y medicina con la ingeniería para solucionar problemas relacionados con los sistemas vivos. Por ende, los ingenieros biomédicos deben tener una base sólida en una disciplina de la ingeniería más tradicional, como la ingeniería eléctrica, mecánica o química y, cada vez más, ciencia de los materiales. Muchos programas universitarios de ingeniería biomédica requieren que los estudiantes cursen el plan de estudios básico de los cursos de ingeniería tradicional. No obstante, se espera que los ingenieros biomédicos integren sus habilidades en ingeniería con su comprensión de la complejidad de los sistemas biológicos para mejorar la práctica médica. De este modo, los ingenieros biomédicos, ya sea en ingeniería biomédica (BME) formal o en programas de grado de ingeniería tradicionales, deben capacitarse también en ciencias biológicas.

## ¿Qué clase de educación se necesita para obtener un título de ingeniero biomédico?

A medida que lea las secciones siguientes, tenga en cuenta que la educación en ciencia o tecnología tiene tanto componentes tangibles como intangibles. Los componentes tangibles incluyen la ciencia y el diseño de ingeniería. Los componentes intangibles, por lo general los más importantes, incluyen las llamadas "habilidades interpersonales", como trabajo en equipo, experiencia práctica, liderazgo, espíritu emprendedor, oratoria y escritura; fundamentalmente, una educación completa que prepare al estudiante para una amplia variedad de oportunidades y desafíos en la vida y carrera profesional.



*Algunos ingenieros biomédicos solucionan problemas biomédicos como médicos, gerentes comerciales, abogados de patentes, fisioterapeutas, profesores, científicos dedicados a investigación, maestros y escritores técnicos.*

# Cómo planificar una carrera profesional en ingeniería biomédica

## ¿Qué grado de educación necesita un ingeniero biomédico?

Un título de ingeniero biomédico, por lo general, requiere un mínimo de cuatro años de educación universitaria. Después de esto, el ingeniero biomédico puede ocupar un puesto de principiante en el área de ingeniería en una compañía de dispositivos médicos o farmacéutica, un puesto de ingeniería clínica en un hospital o incluso un puesto de ventas en una compañía de biomateriales o biotecnología. Muchos ingenieros biomédicos desearán capacitarse a nivel universitario en ingeniería biomédica o en un campo de la ingeniería relacionado. Una maestría o un doctorado ofrecen al ingeniero biomédico mayores oportunidades en investigación y desarrollo, ya sea que el trabajo se realice en un marco industrial, académico o gubernamental. Algunos ingenieros biomédicos eligen perfeccionar su educación. Para ello, continúan estudiando para obtener un título universitario en negocios, que los ayude con el tiempo a dirigir una empresa o administrar tecnología médica para un hospital.

Muchos ingenieros biomédicos asisten a la escuela de medicina y de odontología después de completar sus títulos de grado. Una parte de los ingenieros biomédicos eligen ingresar a la escuela de leyes, ya que planean trabajar en el área de derecho de patentes y propiedad intelectual con relación a inventos biomédicos. ¿Qué mejor capacitación que la ingeniería biomédica hay para nuestros futuros médicos, dentistas y abogados de patentes?

## ¿Cómo me puede preparar la escuela secundaria para mis estudios de ingeniería biomédica?

Los ingenieros biomédicos deben estudiar y capacitarse en varias ciencias, así como en matemática, diseño de ingeniería, comunicación, trabajo en equipo y resolución de problemas. A fin de prepararse de la mejor manera para un programa de estudios universitario en ingeniería biomédica, debe cursar estudios completos en la escuela secundaria. Lo mínimo que debe incluir ese plan de estudios es un año de cada una de estas materias: biología, química y física. Los cursos avanzados de cualquiera de estas ciencias son una ventaja. Es obligatorio cursar álgebra, geometría, álgebra avanzada, trigonometría e introducción al cálculo en la escuela secundaria. Además, tomar un curso de cálculo es algo típico entre los estudiantes que aspiran a ingresar a programas de ingeniería biomédica. Un curso de programación informática brinda a los estudiantes una ventaja definitiva en su programa de estudios universitario. También podría considerarse tomar un curso de dibujo mecánico o, mejor aún, un curso de diseño asistido por computadora (CAD) como curso optativo.

Las ciencias sociales y humanidades también son importantes para ser un ingeniero biomédico. La preparación en la escuela secundaria debe incluir cuatro años de inglés y redacción, un curso de oratoria, varios años de historia y estudios sociales, e incluso el estudio de una lengua extranjera. Dado que los ingenieros biomédicos trabajan para mejorar la atención médica en todo el mundo, la capacidad de comunicarse en otro idioma es una habilidad valiosa.



*Los ingenieros biomédicos deben estudiar y capacitarse en varias ciencias, así como en matemática, diseño de ingeniería, comunicación, trabajo en equipo y resolución de problemas.*



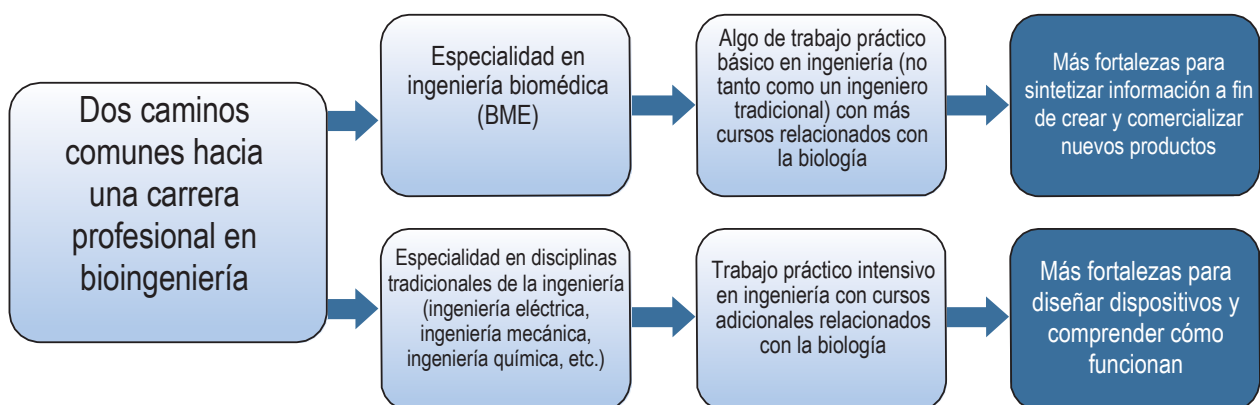
# Cómo planificar una carrera profesional en ingeniería biomédica

## ¿Qué especialidad debo elegir como estudiante universitario?

Esta es una pregunta difícil para los estudiantes de escuela secundaria y los que comienzan la universidad, además de ser una decisión muy personal. Digamos que desea ser ingeniero biomédico, ¿cómo se daría cuenta de cuál es el camino que debe seguir? Una manera de hacerlo es apartarse y hacer de cuenta que la ingeniería biomédica no existe. Pregúntese qué camino le resulta más atractivo: ¿la biología (o medicina) o la ingeniería? Si la ingeniería le parece más atractiva, ¿qué rama de la ingeniería se adapta mejor a sus intereses? ¿eléctrica, mecánica, química o alguna otra? Si en cambio le atrae más la biología, ¿qué especialización sería mejor para usted? ¿genómica, fisiología, ambiental, etc.? Estas preguntas no siempre son fáciles de responder; es mejor analizar los requisitos del curso para conocer las diferentes especialidades y estudiar las descripciones de los cursos de cada una de las especializaciones. Los catálogos de cursos en línea pueden realmente serle de ayuda para determinar esto. (¡No se intimide con los títulos y las descripciones!) Su reacción le dará mucha información sobre sus motivaciones para convertirse en un ingeniero biomédico.

Si, después de este cuidadoso análisis, su respuesta es ingeniería, el siguiente interrogante es si debe hacer una especialización en ingeniería biomédica o en una de las disciplinas tradicionales de la ingeniería. Los graduados en BME tienen mucha más comprensión biomédica pero tienen menos conocimientos de una disciplina específica de la ingeniería. Si elige la ingeniería biomédica, debe considerar cómo diseñar un plan de estudios con cursos optativos y centrados en la ingeniería. Si en cambio elige una especialización tradicional, debe considerar cuál es la mejor manera de añadir los cursos adecuados (desde biología molecular hasta fisiología) de manera que pueda trabajar en proyectos de BME tanto en la escuela como en su carrera profesional. Los dos tipos de ingenieros biomédicos tienen una función que desempeñar. Los que tienen títulos de BME son, en especial, valiosos por sus habilidades para sintetizar información de varias disciplinas en la creación y el marketing de nuevos productos. Aquellos con títulos tradicionales tienen más fortalezas en el diseño y la comprensión de los dispositivos.

Sin embargo, si su respuesta es biología, debe averiguar si su objetivo es una carrera profesional en una de las profesiones médicas o como científico investigador o técnico. Tenga en cuenta que casi siempre es más difícil para quienes optan por las especialidades en biología ganar experiencia en ingeniería básica para pasarse a un postgrado en BME, principalmente porque las personas que eligen las especialidades en biología no acceden a conocimientos profundizados en matemática y física que son esenciales para la ingeniería. Por comparación, una persona especializada en ingeniería tradicional puede rápidamente adquirir conocimientos suficientes en biología para ser competitivo.



*Dos caminos comunes hacia una carrera profesional en bioingeniería*

# Cómo planificar una carrera profesional en ingeniería biomédica

## ¿Qué tipos de cursos universitarios me prepararán para convertirme en un ingeniero biomédico?

El diseño es fundamental para la mayoría de las actividades biomédicas y de ingeniería. Para diseñar, los ingenieros biomédicos deben tener una base sólida en biología, química, física, matemática e ingeniería. Si bien el plan de estudios de ingeniería biomédica varía de una universidad a otra, la mayoría de los programas exigen cursos de biología y fisiología, bioquímica, química orgánica e inorgánica, física general, circuitos electrónicos y diseño de instrumentación, estática y dinámica, señales y sistemas, biomateriales, termodinámica y fenómenos de transporte, y diseño de ingeniería. Los estudiantes también toman una cantidad de cursos avanzados en ciencia e ingeniería relacionados con su especialidad en ingeniería biomédica. Las especialidades típicas incluyen bioelectrónica, biomecánica, biomateriales, sistemas fisiológicos, procesamiento de señales biológicas, ingeniería de rehabilitación, telemedicina, realidad virtual, cirugía robótica e ingeniería clínica. Las especialidades más nuevas incluyen ingeniería celular y de tejidos, ingeniería neural, biocomputación y bioinformática. Muchos cursos de ingeniería y ciencia incorporan experiencias de laboratorio para brindar a los estudiantes aplicaciones prácticas del mundo real.

Además de los cursos de ciencia e ingeniería, el estudiante de ingeniería biomédica debe tomar cursos de inglés, redacción técnica, ética y humanidades (como historia, ciencias políticas, filosofía, sociología, antropología, psicología y literatura). Algunos estudiantes continúan estudiando una lengua extranjera con la esperanza de asegurarse una pasantía o un puesto permanente de ingeniería en el exterior. Los cursos de negocios también son populares entre los estudiantes interesados en la administración de ingeniería.

Muchas universidades promueven activamente los programas de intercambio en el extranjero por seis meses en los que una universidad en otro país enseña una parte del plan de estudios de ingeniería biomédica.



*Los estudiantes de ingeniería biomédica también toman una cantidad de cursos avanzados en ciencia e ingeniería relacionados con su especialidad en ingeniería biomédica.*



# Cómo planificar una carrera profesional en ingeniería biomédica

## ¿Qué tipo de experiencia práctica puedo esperar obtener cuando me capacito para ser un ingeniero biomédico?

Muchos programas de capacitación para estudiantes universitarios en ingeniería biomédica ofrecen a los estudiantes una oportunidad de ganar experiencia del mundo real antes de graduarse. Las pasantías durante el verano en compañías de dispositivos médicos o farmacéuticas son populares, así como lo son las experiencias de investigación durante el verano en instituciones académicas y agencias gubernamentales, incluidos los Institutos Nacionales de Salud (NIH) y los organismos reguladores, como la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) de los Estados Unidos. Algunas universidades ofrecen programas de capacitación cooperativos formales en ingeniería biomédica a través de los cuales el estudiante pasa varios semestres trabajando en una compañía biomédica u hospital donde gana crédito académico y un salario. Esa experiencia en el mundo real le permite al estudiante explorar opciones de carrera profesional y definir mejor su función en la comunidad de ingeniería biomédica. Todos los programas de ingeniería biomédica destacan el curso de jefe de diseño en el que los estudiantes aprenden, primero, a identificar y, luego, a usar sus habilidades de ingeniería para resolver problemas biomédicos reales.

Una cantidad significativa de estudiantes de ingeniería biomédica se dedican a la investigación en un laboratorio universitario, en el que comienzan en el nivel inferior y trabajan para lograr una participación más intensiva en las actividades de laboratorio. Estas experiencias son una preparación excelente para futuros estudios de postgrado y son especialmente valiosas para los estudiantes que planean obtener el título de médico o un doctorado. Sin embargo, por lo general, los estudiantes deben tener la iniciativa de acercarse al cuerpo docente para obtener estos puestos, dado que hay muchos más estudiantes que aspiran a dedicarse a la investigación que vacantes para estudiantes universitarios en los laboratorios de investigación.



*Una cantidad significativa de estudiantes de ingeniería biomédica se dedican a la investigación en un laboratorio universitario, en el que comienzan en el nivel inferior y trabajan para lograr una participación más intensiva en las actividades de laboratorio.*

# Cómo planificar una carrera profesional en ingeniería biomédica

## El mercado laboral de BME

El mercado laboral de BME es todavía pequeño, pero de rápido crecimiento en términos de porcentaje. La cantidad de especializaciones de BME crece aún más rápido. Datos confiables e informativos son muy difíciles de encontrar. Es posible que desee echar un vistazo a la información en línea de la Oficina de Estadísticas Laborales, que detalla la fuerza laboral nacional estadounidense por categoría, incluida la ingeniería biomédica, y la American Society for Engineering Education (Asociación Estadounidense para la Educación en Ingeniería), que hace un seguimiento de la cantidad de estudiantes universitarios en los niveles de licenciatura, maestría y doctorado en varios campos de la ingeniería.

El mercado laboral de BME está abierto no solo a los graduados en BME sino también a muchos estudiantes con títulos en las disciplinas tradicionales de la ingeniería (a menudo con especializaciones en biología) y, en menor medida, a personas con carreras en biología (con alguna capacitación en ingeniería o informática). Los especialistas en BME compiten con los ingenieros graduados para obtener algunos empleos y acceder a programas de postgrado. Obviamente, el ganador de una competencia determinada obtendrá una experiencia que está más íntimamente orientada a las necesidades del empleo o programa en cuestión. Los BME saldrán victoriosos si la parte biomédica es alta, y los ingenieros de otras disciplinas de la ingeniería, como la eléctrica o mecánica, triunfarán si hay un gran contenido de un tipo específico de ingeniería. Los bioingenieros e ingenieros más tradicionales tienen ventajas sobre los especialistas en biología siempre que el contenido esté relacionado con la ingeniería o el diseño. Los ingenieros tradicionales tienen más oportunidades avanzadas en términos técnicos y mejores salarios que los especialistas en biología, mientras que los especialistas en BME se encuentran en una posición intermedia.

Para poner en perspectiva, se debe comprender que los ingenieros con un título profesional, incluidos los graduados en BME, siguen rumbo a una amplia variedad de carreras profesionales. Estas carreras incluyen a aquellas que requieren conocimientos avanzados, como investigación (doctorado), derecho (abogado), medicina (médico, enfermero diplomado) y negocios (maestría en administración de empresas). Muchos ingenieros con título profesional consiguen puestos en ingeniería de diseño, por lo general, después de completar una maestría. Los ingenieros con título profesional obtienen además puestos en las áreas de fabricación, ingeniería de campo, ventas y marketing. De alguna manera, algo exclusivo para BME es que existe un gran mercado laboral en el sector de normativas, como trabajar para la Administración de Alimentos y Medicamentos de los EE. UU. en lo que respecta a productos nuevos, así como en la creación y supervisión de protocolos para ensayos clínicos con humanos y animales. Una cantidad significativa de graduados en BME con título profesional terminan ocupando puestos no relacionados con el diseño en los que el conocimiento técnico es una gran ventaja. Sin embargo, los puestos de diseño de BME a menudo exigen que el candidato tenga por lo menos una maestría y un doctorado.

Las oportunidades son mayores para los estudiantes que tienen experiencia en la industria o el diseño clínico. Puede comenzar a obtener este tipo de experiencia gracias a una pasantía, empleo de verano, proyecto de jefe de diseño orientado a la industria o al área clínica, o con experiencia y habilidades sólidas en laboratorio o informática.



*Las oportunidades son mayores para los estudiantes de BME que tienen experiencia en la industria o el diseño clínico.*

# Cómo planificar una carrera profesional en ingeniería biomédica

## ¿Cuáles son algunas de las áreas claves de la ingeniería biomédica?

A medida que lea las descripciones notará que hay superposiciones considerables entre las áreas de la ingeniería biomédica. Entre las tecnologías transversales se incluyen los dispositivos de diagnóstico, el diagnóstico por imágenes y la informática. Las tecnologías biomoleculares proliferan de un área a otra. Esta es una señal de que la bioingeniería es un campo dinámico que evoluciona rápidamente.

### Aplicaciones prácticas

La **ingeniería clínica** apoya y promueve la atención a pacientes mediante la aplicación de la ingeniería y las habilidades administrativas a la tecnología aplicada a la atención médica. Los ingenieros clínicos pueden trabajar en hospitales, donde las responsabilidades posiblemente incluyan administrar los sistemas de equipos médicos del hospital, asegurar que todo el equipo médico sea seguro y eficaz, y trabajar con los médicos para adaptar la instrumentación a las necesidades específicas del médico y el hospital. En el sector industrial, los ingenieros clínicos pueden trabajar en el desarrollo de productos sanitarios, desde el diseño del producto hasta la venta y el soporte, para garantizar que los nuevos productos cumplan con las exigencias de la práctica médica.

La **ingeniería de rehabilitación** es la aplicación de la ciencia y tecnología para mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad. Puede incluir diseñar sistemas de comunicación aumentativos o alternativos para personas que no pueden comunicarse en las formas tradicionales, hacer que las computadoras sean más accesibles para las personas con discapacidad, desarrollar materiales y diseños nuevos para sillas de ruedas, y crear piernas protésicas para los corredores de los Juegos Paralímpicos.

### Comienzo desde la fisiología

**Ingeniería en sistemas neurales:** Este campo emergente interdisciplinario implica el estudio del cerebro y el sistema nervioso, y abarca áreas como el reemplazo o la restauración de la pérdida de habilidades sensoriales y motrices (por ejemplo, los implantes de retina para restaurar parcialmente la visión o la estimulación eléctrica de músculos paralizados para ayudar a una persona a ponerse de pie), el estudio de las complejidades de la naturaleza de los sistemas neuronales, el desarrollo de neurorobots (brazos robóticos que se controlan mediante señales de la corteza motora del cerebro) y neuroelectrónica (por ej., el desarrollo de elementos microelectrónicos implantables en el cerebro con alto poder de cálculo). Además incluye los dispositivos de diagnóstico.

**Bioingeniería cardíaca:** Las enfermedades cardiovasculares representan el principal problema de salud en el mundo industrializado. La bioingeniería cardíaca utiliza imágenes, análisis cuantitativo de sistemas y tecnología molecular y nanotecnologías para fomentar nuestro entendimiento de los sistemas cardiovasculares y diagnosticar problemas. ¿Cómo logran las proteínas controlar la mecanotransducción del endotelio? ¿Cómo se adaptan los microvasos sanguíneos al estrés ambiental? ¿Cómo se pueden usar la administración de nuevos medicamentos y las técnicas de diagnóstico por imágenes del sistema vascular para comprender lo que sucede después de un ataque cardíaco a nivel molecular? Estos interrogantes, y muchos más, se estudian en esta área prometedora de la medicina preventiva y terapéutica, que abarca desde los niveles subcelulares hasta los orgánicos e involucra muchas disciplinas distintas.

**Modelado del sistema fisiológico:** Muchas técnicas de diagnóstico médico mejoradas recientemente e innovaciones terapéuticas han sido consecuencia del modelado de sistemas fisiológicos. En este campo, se desarrollan modelos de procesos fisiológicos (por ej., el control de movimientos de las extremidades, la bioquímica del metabolismo) para comprender mejor la función de los organismos vivos. El modelado se incorpora también al equipo de diagnóstico y a los simuladores de pacientes para capacitación.



# Cómo planificar una carrera profesional en ingeniería biomédica

## ¿Cuáles son algunas de las áreas claves de la ingeniería biomédica?

### *Tecnología electrónica e instrumentación*

**Instrumentación, sensores y medición:** implican el diseño de hardware y software de dispositivos y sistemas utilizados para medir las señales biológicas. Varía desde el desarrollo de sensores que pueden captar una señal biológica de interés, la aplicación de métodos de amplificación y filtrado de la señal para que pueda ser estudiada en mayor profundidad y el manejo de fuentes de interferencia que pueden alterar una señal, hasta la creación de un sistema completo de instrumentación, como una máquina de rayos x o un sistema de monitoreo cardíaco.

**Procesamiento de bioseñales:** implica la extracción de información útil de las señales biológicas para fines de diagnóstico y terapéuticos. Esto podría significar el estudio de señales cardíacas para determinar si un paciente será susceptible o no de padecer muerte súbita por infarto, el desarrollo de sistemas de reconocimiento de voz que pueda manejar el ruido de fondo o detectar características de las señales del cerebro que se pueden utilizar para controlar una computadora.

### *Imágenes y señales biomédicas*

**Diagnóstico por imágenes y procesamiento de imágenes:** Entre los métodos de diagnóstico por imágenes que se utilizan para permitirnos “ver” dentro del cuerpo humano se encuentran las radiografías, ecografías, imágenes por resonancia magnética (IRM), tomografías computarizadas (TC), medicina nuclear y microscopía. El trabajo en esta área incluye el desarrollo de sistemas de adquisición de imágenes de bajo costo, algoritmos para el procesamiento de imágenes, algoritmos y estándares para la compresión de imágenes o video y la aplicación de adelantos en sistemas informáticos multimedia a un contexto biomédico.

**Radiología:** se refiere al uso de sustancias radioactivas, como radiografías, campos magnéticos, por ejemplo, en las imágenes por resonancia magnética y ecografías para crear imágenes del cuerpo, sus órganos y estructuras. Estas imágenes se pueden utilizar en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades, así como para orientar a los médicos cuando realizan cirugías mínimamente invasivas guiadas por imágenes.

### *La biología molecular se acerca a la informática*

**Informática médica o en salud:** una de las áreas más grandes y de más rápido crecimiento de la ingeniería biomédica; implica el desarrollo y uso de herramientas computarizadas para recopilar y analizar datos relacionados con la medicina y biología. El trabajo en bioinformática podría implicar el uso de técnicas sofisticadas para administrar y buscar bases de datos de secuencias genéticas que contienen varios millones de entradas. Otras de las actividades son los análisis automatizados de imágenes, la búsqueda y el procesamiento de historias clínicas de pacientes para deducir las relaciones entre enfermedades y tratamientos, y la administración segura de datos de, por ejemplo, dispositivos de diagnóstico portátiles e inalámbricos.

**Bioinformática (incluida la genómica):** es el mapeo, la secuenciación y el análisis de genomas (el conjunto de todo el ADN en un organismo). Una comprensión completa de cómo funcionan los genes en estado normal y/o de enfermedad puede llevar a una mejor detección, diagnóstico y tratamiento de la enfermedad.

**Proteómica:** es el estudio de proteomas (el conjunto de todas las proteínas producidas por una especie). Los avances en proteómica han incluido el descubrimiento de un nuevo proceso celular que explica cómo ocurren las infecciones en humanos, un avance que lleva a nuevos tratamientos para las enfermedades infecciosas. Además, estos avances han conducido al descubrimiento de un método para detectar patrones de proteínas en la sangre con fines de diagnóstico temprano del cáncer de ovario. El trabajo en proteómica puede también implicar el desarrollo de dispositivos de hardware que ofrecen mediciones precisas y rápidas de los niveles de proteína.

# Cómo planificar una carrera profesional en ingeniería biomédica

## ¿Cuáles son algunas de las áreas claves de la ingeniería biomédica?

### *La medicina se acerca a la informática*

**Tecnología de la información:** en biomedicina abarca una gran variedad de aplicaciones y tecnologías, incluido el uso de la realidad virtual en aplicaciones médicas (por ej., procedimientos diagnósticos), la aplicación de tecnologías inalámbricas y móviles en entornos de salud, la inteligencia artificial para ayudar al diagnóstico, y el abordaje de problemas de seguridad relacionados con lograr que la información sanitaria esté disponible en Internet.

**Telemedicina:** a veces denominada “telesalud” o “salud electrónica”, implica la transferencia de datos médicos electrónicos de una ubicación a otra para la evaluación, el diagnóstico y el tratamiento de pacientes en ubicaciones remotas. Esto involucra, por lo general, el uso de dispositivos médicos “conectados”, tecnología avanzada en telecomunicaciones, sistemas de videoconferencia y computación en red. La telemedicina puede referirse también al uso de estas tecnologías en el aprendizaje a distancia relacionado con la salud.

### *La mecánica se acerca a la biología y medicina*

**Biomecánica:** es la mecánica aplicada a la biología. Incluye el estudio del movimiento, la deformación de materiales y el flujo de fluidos. Por ejemplo, los estudios de la dinámica de fluidos involucrada en la circulación sanguínea ha contribuido al desarrollo de corazones artificiales, mientras que una comprensión de la mecánica de las articulaciones ha colaborado con el diseño de extremidades protésicas. La biomecánica y los materiales ortopédicos constituyen un importante sector industrial, una de las áreas más exitosas de la ingeniería biomédica.

**Cirugía robótica:** incluye el uso de la robótica y los sistemas de procesamiento de imágenes para asistir de manera interactiva a un equipo médico tanto en la planificación como en la realización de una cirugía. Estas nuevas técnicas pueden minimizar los efectos secundarios de la cirugía ya que se realizan incisiones más pequeñas, hay menos trauma y más precisión, mientras que además se reducen los costos.

### *Los materiales se vuelven muy pequeños*

**BioMEMS:** es el área de sistemas microelectromecánicos (MEMS) que integra elementos mecánicos, sensores, accionadores y electrónica en un chip de silicio. BioMEMS significa MEMS aplicados a la medicina y biología. Entre los ejemplos de BioMEMS se encuentran los sensores inalámbricos que se usan en el cuerpo, chips económicos y descartables para diagnóstico y dispositivos sofisticados que miniaturizan armazones de equipos necesarios para la biología molecular. Si bien es un poco remoto pensar en microrrobots que realicen cirugías, los diminutos dispositivos implantables que administran medicamentos se están comenzando a usar, así como las cámaras miniatura ingeribles para detectar el cáncer en el tracto gastrointestinal.

**Micro y nanotecnología:** La microtecnología implica el desarrollo y uso de dispositivos en la escala de un micrómetro (una milésima de un milímetro o alrededor de 1/50 del diámetro de un cabello humano), mientras que la nanotecnología implica dispositivos según el orden de un nanómetro (cerca de 1/50 000 del diámetro de un cabello humano o diez veces el diámetro de un átomo de hidrógeno). Estos campos incluyen el desarrollo de sensores de fuerza microscópica que pueden identificar las propiedades cambiantes de los tejidos como un modo de ayudar a los cirujanos a remover solo el tejido enfermo y vigas voladizas de la longitud de un nanómetro que se curvan con los niveles de proteínas cardíacas de manera que pueden ayudar a los médicos en el diagnóstico temprano y rápido de los ataques cardíacos. Este campo se relaciona estrechamente y, a menudo, se superpone con los MEMS y BioMEMS.

**Biomateriales:** son sustancias que están diseñadas para el uso en dispositivos o implantes que deben interactuar con el tejido vivo. Entre los ejemplos de adelantos en este campo se incluyen el desarrollo de recubrimientos que luchan contra infecciones comunes en los implantes de articulaciones artificiales, materiales que pueden ayudar a controlar la administración de medicamentos y “andamiaje” que brinda soporte al tejido y la reconstrucción orgánica.

# Cómo planificar una carrera profesional en ingeniería biomédica

## ¿Cuáles son algunas de las áreas claves de la ingeniería biomédica?

### Enfoques de la ingeniería química

**Biotecnología:** es un conjunto de herramientas potentes que emplean organismos vivos (o partes de organismos) para hacer o modificar productos, mejorar plantas o animales, o desarrollar microorganismos para usos específicos. Algunas de las iniciativas más antiguas en biotecnología implicaron técnicas tradicionales de cría de animales y cultivo de plantas, y el uso de levadura en la fabricación de pan, cerveza, vino y queso. La biotecnología moderna incluye el uso industrial de ADN recombinante, la fusión de células y técnicas novedosas de bioprocesamiento que se pueden utilizar para ayudar a corregir defectos genéticos en humanos. Incluye además la biorremediación, la degradación de contaminantes peligrosos con la ayuda de organismos vivientes.

**Administración de medicamentos:** implica la administración de un componente químico en el punto en el que se aplica el tratamiento. Puede asociarse a varias técnicas genéticas y terapéuticas con ácidos nucleicos, incluida la determinación selectiva de medios de contraste para el diagnóstico por imágenes. El trabajo en esta área puede ser muy útil para predecir los efectos de los medicamentos en los pacientes.

**Biocombustibles:** la investigación corresponde a la búsqueda de alternativas renovables a la gasolina. Algunos ingenieros químicos y biólogos, por ejemplo, han descubierto formas de alentar drásticamente la producción de isobutanol en la levadura. Estos enfoques pueden además producir otras sustancias químicas útiles que podrían tener un gran uso en la sociedad. Otros bioingenieros trabajan en la bioingeniería de algas y bacterias para la producción de biocombustible.

### La biología se convierte en ingeniería

*A pesar de que estos campos todavía están poco desarrollados, el posible crecimiento futuro es alto.*

**Ingeniería de tejidos:** es el estudio (y el control) del crecimiento nuevo de tejidos conectivos e incluso órganos enteros que puede ser útil en el cuerpo humano. Estos nuevos tejidos y órganos se producen a partir de muestras diminutas del tejido original de una persona, que a menudo se coloca en un andamiaje que puede disolverse finalmente. Una vez que el tejido u órgano se ha regenerado y vuelto a implantar en el donante original, ya no hay necesidad de que los materiales nuevos tengan medicamentos para contrarrestar el rechazo. Estas técnicas son particularmente útiles para la reconstrucción de cartílagos y huesos, así como para la curación de heridas dérmicas.

**Biomecánica celular y molecular:** implica el estudio de las características mecánicas de las biomoléculas, como genes y proteínas que forman la base de las células, y el trabajo con ellas, para desarrollar una mejor comprensión de los tejidos y órganos. ¿Cómo sienten las células las fuerzas mecánicas? ¿Cómo afectan esas fuerzas a diversos resultados importantes, incluido el crecimiento celular, el movimiento y la expresión genética? La estimulación mecánica puede causar cascadas de señalización sorprendentes e incluso cambiar el fenotipo de una célula. La comprensión de esos factores podría respaldar muchos nuevos descubrimientos importantes.

**Ingeniería genética y biología sintética:** La ingeniería genética está relacionada con la modificación de los genes de un organismo. Estos enfoques pueden, por ejemplo, permitir leves cambios en la composición genética del castaño americano; cambios que podrían permitir que el árbol sobreviva y crezca a pesar de la plaga de castaños que diezmó bosques enteros durante los comienzos del 1900. La biología sintética va un paso más allá de la ingeniería genética. En vez de fragmentos diminutos de ADN, se sintetizarían, por ejemplo, plásmidos y cromosomas enteros como módulos estándar que podrían obtenerse de una biblioteca, así como las piezas estándar de ingeniería se pueden obtener de un contenedor de piezas.



# Cómo planificar una carrera profesional en ingeniería biomédica

## ¿Dónde puedo obtener más información sobre los programas de ingeniería biomédica?

Puede encontrar más información sobre programas de grado de ingeniería biomédica a través de los consejeros de orientación de su escuela secundaria, en su biblioteca local y en Internet. La mayoría de las universidades ofrecen descripciones de programas, requisitos del plan de estudios y requisitos de admisión en sus páginas web. Además, la mayoría de estos programas brindan formularios de solicitud en línea. Puede también obtener información acerca de programas de ingeniería biomédica en [www.embs.org](http://www.embs.org) (¡Diviértase explorando el sitio web!). Además, hay información valiosa disponible a través del National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering (Instituto Nacional de Imágenes Biomédicas y Bioingeniería) y su sitio web ([www.nibib.nih.gov](http://www.nibib.nih.gov)), así como en el American Institute for Medical & Biological Engineers (Instituto Estadounidense de Ingenieros Médicos y Biológicos), el Departamento de Trabajo y O'Net ([www.onetonline.org](http://www.onetonline.org)). *IEEE PULSE*, la revista emblemática de la IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (Asociación de Ingeniería en Medicina y Biología del IEEE), y periódicos como el *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* pueden ser muy útiles, además de libros como *Introduction to Biomedical Engineering*, *Career Development in Bioengineering and Biotechnology*, *Medical Instrumentation: Application and Design*, y la serie de manuales *Biomedical Engineering Handbook*.

El campo de la ingeniería biomédica actualmente aprovecha los servicios de muchas organizaciones que colaboran para mejorar las vidas de las personas en todo el mundo. Entre estas asociaciones se encuentran la de IEEE Engineering in Medicine and Biology (IEEE-EMBS), la Biomedical Engineering Society (Asociación de Ingeniería Biomédica, BMES), la European Alliance for Medical and Biological Engineering and Science (Alianza Europea de Ingeniería Médica y Biológica y Ciencias, EAMBES) y la organización coordinadora mundial de todas las asociaciones de ingeniería biomédica, la International Federation for Medical and Biological Engineering (Federación Internacional de Ingeniería Médica y Biológica, IFMBE). Donde sea que viva, debe poder encontrar una organización de ingeniería biomédica que lo ayude a alcanzar sus metas.

## Únase a una asociación para potenciar su carrera profesional

Las asociaciones de profesionales son muy activas en lo que respecta a ayudar a las personas a potenciar sus carreras profesionales. Los estudiantes, en especial en el nivel universitario, deberían buscar y unirse a una asociación profesional, por lo general, a nivel de la rama estudiantil. Si le interesa la bioingeniería, es posible que desee considerar unirse a la Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS), la Biomedical Engineering Society (BMES), el Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, IEEE), la Materials Research Society (Asociación de Investigación de Materiales, MRS), la Tissue Engineering and Regenerative Medicine International Society (Asociación Internacional de Ingeniería de Tejidos y Medicina Regenerativa, TERMIS) o cualquiera de las muchas otras asociaciones que apoyan a estudiantes, investigadores y profesionales relacionados con la bioingeniería.

Los autores de este folleto están afiliados a la EMBS, que hace un trabajo impresionante en una amplia variedad de áreas, incluida la publicación única más útil para el ingeniero biomédico principiante, *IEEE PULSE*. Los artículos de Pulse se editan con el objeto de que sean interesantes para los “estudiantes de todas las edades”, mientras que trata de tecnología de última generación de ingeniería biomédica y problemas médicos actuales, incluida una perspectiva global.

EMBS es la asociación profesional de ingeniería biomédica más antigua, grande e internacional del mundo. Además de la publicación de *IEEE PULSE*, la asociación promueve la aplicación de la tecnología y las ciencias de ingeniería a la medicina y la biología, fomenta la profesión y ofrece liderazgo global para el beneficio de sus miembros y de la humanidad mediante la divulgación de conocimientos, el establecimiento de estándares, la promoción del desarrollo profesional y el reconocimiento de la excelencia. Se trata de una organización profesional que ofrece servicios completos, ya que proporciona a la comunidad de ingeniería biomédica mundial una revista, periódicos, conferencias y cursos de verano.

***Esperamos que, si sus intereses coinciden con los nuestros, se una a EMBS. Pero desde ya involúcrese en por lo menos una asociación profesional.***

# Cómo planificar una carrera profesional en ingeniería biomédica

La Engineering in Medicine and Biology Society del IEEE promueve la aplicación de la tecnología y las ciencias de ingeniería a la medicina y la biología, fomenta la profesión y ofrece liderazgo global para el beneficio de sus miembros y de la humanidad mediante la divulgación de conocimientos, el establecimiento de estándares, la promoción del desarrollo profesional y el reconocimiento de la excelencia.

El campo de interés de la IEEE Engineering in Medicine and Biology Society es la aplicación de conceptos y métodos de la física y la ingeniería a la biología y la medicina. Esto abarca un espectro muy amplio que va desde la teoría matemática formalizada, pasando por la ciencia experimental y el desarrollo tecnológico hasta las aplicaciones clínicas prácticas. Incluye apoyo a las actividades científicas, tecnológicas y educativas.

## PUBLICACIONES

### *IEEE PULSE*

*Journal of Biomedical Health Informatics*  
*Journal of Translational Engineering in Health and Medicine*  
*Reviews in Biomedical Engineering*  
*Transactions on Biomedical Engineering*  
*Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*  
*Transactions on Medical Imaging*  
*Transactions on NanoBioscience*  
*Transactions on Computational Biology and Bioinformatics*

## PRODUCTOS ELECTRÓNICOS

Biomedical Essentials  
EMBS Electronic Resource

## CONFERENCIAS

Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society  
IEEE EMBS Special Topic Conference on Information Technology in Biomedicine  
IEEE EMBS Special Topic Conference on Microtechnologies in Medicine and Biology  
IEEE EMBS Special Topic Conference on Cellular, Molecular and Tissue Engineering  
IEEE EMBS Special Topic Conference on Neural Engineering  
International Symposium on Biomedical Imaging  
International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics

## CURSOS DE VERANO

International Summer School on Biomedical Imaging  
International Summer School on Biomedical Signal Processing  
International Summer School on Biocomplexity  
International Summer School on Medical Devices and Biosensors  
International Summer School on Applications of Information & Communication  
Technology in Biomedicine

[www.embs.org](http://www.embs.org)

# Cómo planificar una carrera profesional en ingeniería biomédica

[www.embs.org](http://www.embs.org)

## Engineering in Medicine & Biology

Oficina ejecutiva de EMBS  
445 Hoes Lane  
Piscataway, NJ 08854 EE. UU.

Tel.: +1 732 981 2433  
Fax: +1 732 465 6435  
Correo electrónico: [emb-exec@ieee.org](mailto:emb-exec@ieee.org)  
[www.embs.org](http://www.embs.org)  
[www.students.embs.org](http://www.students.embs.org)

EMBS desea agradecer a las siguientes personas dedicadas por su ayuda en la creación de este cuadernillo:

*Faustina Hwang  
Robert Kovacs  
James Macor  
Barbara Oakley  
Kris Ropella  
Bruce Wheeler  
Scott Woodhouse  
Steve Wright*

Y a quienes apoyaron nuestra iniciativa mediante el otorgamiento de permisos para el uso de las fotografías incluidas.



## Engineering in Medicine & Biology



EMBS es la asociación profesional de ingeniería biomédica más antigua, grande e internacional del mundo. Además de la publicación de Pulse, la asociación promueve la aplicación de la tecnología y las ciencias de ingeniería a la medicina y la biología, fomenta la profesión y ofrece liderazgo global para el beneficio de sus miembros y de la humanidad mediante la divulgación de conocimientos, el establecimiento de estándares, la promoción del desarrollo profesional y el reconocimiento de la excelencia. Se trata de una organización profesional que ofrece servicios completos, ya que proporciona a la comunidad de ingeniería biomédica mundial una revista, periódicos, conferencias y cursos de verano.

***Esperamos que, si sus intereses coinciden con los nuestros, se una a EMBS. Pero desde ya involúcrese en por lo menos una asociación profesional.***

[www.embs.org](http://www.embs.org)