

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**  
1 8 0 3

**PROGRAMA  
BIOINGENIERÍA  
2017**

**PROYECTO EDUCATIVO DE PROGRAMA -PEP- DEL PROGRAMA DE  
BIOINGENIERÍA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**COMITÉ DE AUTOEVALUACIÓN Y ACREDITACIÓN PROGRAMA DE  
BIOINGENIERÍA**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
MEDELLÍN – COLOMBIA  
Agosto de 2017**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1.</b>	<b><u>IDENTIFICACIÓN DEL PROGRAMA</u></b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b><u>ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL PROGRAMA Y TRADICIÓN</u></b>	<b>4</b>
2.1.	<u>EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL CAMPO DE LA BIOINGENIERÍA</u>	4
2.2.	<u>HISTORIA DEL PROGRAMA DE BIOINGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</u>	8
2.3.	<u>CAMBIOS EN LAS ESTRUCTURAS CURRICULARES Y ADMINISTRATIVAS</u>	9
2.4.	<u>NORMAS INTERNAS Y EXTERNAS QUE REGULAN LA VIDA DEL PROGRAMA</u>	10
<b>3.</b>	<b><u>ENFOQUE CONCEPTUAL Y CONTEXTUAL DEL PROGRAMA</u></b>	<b>11</b>
3.1.	<u>CONCEPCIONES TEÓRICAS QUE ORIENTAN EL EJERCICIO DE LA PROFESIÓN</u>	11
3.1.1	<u>Misión del Programa</u>	12
3.1.2	<u>Visión del Programa</u>	12
3.2.	<u>PERTINENCIA SOCIAL Y CIENTÍFICA</u>	12
3.3.	<u>TENDENCIAS EN EL DESARROLLO DE LA DISCIPLINA</u>	13
3.4.	<u>COMPARATIVO CON PROGRAMAS AFINES A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL</u>	14
	<u>Referentes nacionales</u>	14
	<u>Referentes internacionales</u>	16
3.5.	<u>RASGOS DISTINTIVOS DE PROGRAMA</u>	16
3.6.	<u>PERFILES</u>	17
3.6.1	<u>Perfil del estudiante</u>	17
3.6.2	<u>Perfil del egresado</u>	17
3.6.3	<u>Perfil de los Docentes</u>	17
3.7.	<u>COHERENCIA DEL PROGRAMA CON LOS PRINCIPIOS INSTITUCIONALES</u>	20
<b>4</b>	<b><u>COMPONENTES PEDAGÓGICOS Y CURRICULARES</u></b>	<b>21</b>
4.1.	<u>COMPONENTES PEDAGÓGICOS</u>	21
4.1.1	<u>Concepción de enseñanza - aprendizaje: fundamentación pedagógica</u>	21
4.1.2	<u>Modalidades y métodos docentes. Didácticas</u>	24
4.1.3	<u>Evaluación de los aprendizajes: objeto de la evaluación, métodos de evaluación con sus rasgos y características, coherencia de los métodos empleados con los propósitos de formación y con las modalidades y métodos docentes</u>	25
4.2.	<u>COMPONENTES CURRICULARES</u>	26
4.2.1	<u>Organización de los contenidos curriculares</u>	26
	<u>Áreas</u>	26
	<u>Líneas de énfasis o profundización</u>	28
4.2.2	<u>Plan de estudios expresado en créditos</u>	29
4.2.3	<u>Estrategias para el desarrollo de los principios curriculares</u>	3
4.2.4	<u>Estrategias materiales para el desarrollo de los principios curriculares</u>	4
4.2.5	<u>Uso de TIC para el desarrollo de los contenidos curriculares</u>	6
4.2.6	<u>Formación para la investigación</u>	7
4.2.7	<u>Extensión, prácticas y proyección social</u>	9
4.2.8	<u>Internacionalización del currículo</u>	10
4.2.9	<u>Gestión del currículo</u>	16
<b>5</b>	<b><u>EVALUACIÓN Y AUTOEVALUACIÓN</u></b>	<b>16</b>
5.1	<u>LOS PROCESOS DE EVALUACIÓN</u>	16
5.2	<u>LOS PROCESOS DE AUTOEVALUACIÓN</u>	17

**1.**

## IDENTIFICACIÓN DEL PROGRAMA

<b>Institución:</b>	Universidad de Antioquia
<b>Origen:</b>	Oficial
<b>Carácter Académico:</b>	Universitario
<b>Institución acreditada:</b>	Resolución 16516, 14 de septiembre de 2012
<b>Nombre del programa:</b>	Bioingeniería
<b>Código SNIES:</b>	10578
<b>Nivel Académico:</b>	Pregrado
<b>Nivel de Formación:</b>	Universitario
<b>Título que otorga:</b>	Bioingeniero
<b>Metodología:</b>	Presencial, diurno
<b>Duración:</b>	10 semestres
<b>Duración de semestre:</b>	16 semanas lectivas
<b>Número de créditos:</b>	203
<b>Área de conocimiento principal:</b>	Bioingeniería, ingenierías clínicas y afines
<b>Núcleo básico de conocimiento:</b>	Ingeniería Biomédica y afines
<b>Inclusión de TIC'S:</b>	100%
<b>Estudiantes matriculados:</b>	598 en 2017-2
<b>Periodicidad de la admisión:</b>	Semestral
<b>Valor de la matrícula al iniciar:</b>	Según estrato socioeconómico
<b>Norma interna de creación:</b>	Acuerdo académico 0163, Marzo 8 de 2000
<b>Plan Estudios:</b>	Resolución del Consejo de Facultad 071 de Julio 13 de 2006
<b>Acreditación Alta Calidad:</b>	Resolución MEN 14955, noviembre 19 de 2012. Vigencia 4 años
<b>Registro calificado:</b>	Resolución 2718 de abril 16 de 2010 - Acuerdo de Facultad 071, Julio 13 de 2006, Acta 1649. Versión 2.
<b>Modificación Plan de estudios:</b>	- Acuerdo de Facultad 155, septiembre 4 de 2008. Acta 1739. Modificación Versión 2. - Acuerdo de Facultad 231, marzo 19 de 2010. Acta 1817. Versión 3.
<b>Número de créditos obligatorios:</b>	202
<b>Número de créditos electivos:</b>	20
<b>Graduados a 2017-1:</b>	319
<b>El programa está adscrito a:</b>	Facultad de Ingeniería
<b>Sede:</b>	Ciudad Universitaria, Medellín
<b>Dirección:</b>	Calle 67 N° 53-108 (bloque 19, oficina 419)

**Teléfono:** (574) 219 55 88  
**Sitio web:** <http://bioingenieriaudea.com.co>

## **2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL PROGRAMA Y TRADICIÓN**

### ***2.1. Evolución histórica del campo de la Bioingeniería***

Considerando que la Bioingeniería puede dividirse en tres áreas, Ingeniería Biomédica, Ingeniería Clínica y Biotecnología, puede decirse que esta disciplina es tan antigua como la historia moderna humana.

Hallazgos arqueológicos realizados en el año 2000 confirman el uso de prótesis en momias de más de 3000 años de antigüedad. En el año 1816, el médico francés Rene Laennec, empleando un papel enrollado logró escuchar ciertos sonidos corporales, generando la idea para la invención del estetoscopio. Posteriormente, para el año de 1848 se alcanzan los primeros desarrollos en Electrofisiología, aplicando principios de la Ingeniería a la solución de problemas fisiológicos. A finales del siglo XIX, los esposos Curie descubren el elemento Radio, Roentgen los Rayos X y Einthoven en 1903 utiliza por primera vez un electrocardiógrafo.

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. En los años inmediatos de la posguerra muchos biólogos poseían conocimientos en los últimos adelantos en el campo de la electrónica; pero la tecnología electrónica progresó muy rápidamente y los biólogos, que se habían familiarizado con el manejo de válvulas y grandes componentes, pronto se vieron a la zaga en una 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.

Surgió entonces la necesidad de un nuevo profesional que hiciese de puente entre la tecnología de la Ingeniería y las ciencias biológicas. En pocas palabras, surgió la necesidad de los Bioingenieros.

Fueron distintas instituciones las que por diferentes caminos vieron patente esta necesidad, algunas empezaron a reclutar técnicos, que habían de trabajar ciñéndose casi exclusivamente al desarrollo de los instrumentos y que, al menos en principio, no tenían la categoría de investigadores. Otras instituciones fueron más rápidas en darse cuenta de la importancia de este asunto y contrataron a personal graduado, equiparándole con sus compañeros médicos y biólogos.

En este contexto no había sido reconocida todavía la carrera de Bioingeniería, e incluso no se había acuñado la palabra correspondiente. ¿Quiénes fueron, por tanto, los primeros Bioingenieros en una época en la que todavía no existía un método adecuado para la formación de estas personas?

La mayoría de ellos fueron científicos del campo de las ciencias biológicas, con frecuencia médicos, los cuales se dedicaban a la ingeniería como entretenimiento o tenían un especial talento para ello.

Los primeros programas universitarios en el campo de la Bioingeniería como nueva disciplina aparecen en Europa en 1946, en la Universidad Tecnológica de Varsovia. Desde esta época se ha producido un incremento en la demanda de científicos y profesionales en esta disciplina científica, que ha contribuido a la creación en diferentes universidades de Departamentos de Ingeniería Biomédica, con un claro reconocimiento de la necesidad de una especificidad curricular para esta nueva y diferenciada disciplina.

En la actualidad, las titulaciones de los programas académicos ofrecidos en Europa en Ingeniería Biomédica pueden ser de primer ciclo ("Bachelor of Science in BME or Bachelor of Engineering in BME") o de segundo ciclo ("Master") ofertadas habitualmente en el primer caso por Escuelas Politécnicas y en Universidades Tecnológicas en el segundo caso.

De igual modo, en Estados Unidos se evidencia la necesidad que existe de ofrecer programas de pregrado en Bioingeniería para fortalecer y diversificar, junto a los existentes en posgrado, la atención a la industria Biomédica y Biotecnológica.

Los progresos se observan desde el marcapasos, el ultrasonido, la diálisis, y los empalmes artificiales de la cadera hasta el desarrollo generacional de equipos y sistemas no invasivos para el diagnóstico de patologías del cuerpo humano como son la tomografía computarizada, el Doppler color, y la resonancia magnética nuclear.

A partir de 1970 los estudios de Bioingeniería han ocupado la atención de algunas universidades latinoamericanas y desde entonces las ofertas de programas de formación son diversas y los logros obtenidos confirman las necesidades de consolidar la Bioingeniería como nueva disciplina.

Brasil, pionero de la Ingeniería Biomédica en América latina inició esta como investigación y formación académica, a través del Programa de Ingeniería Biomédica en la Universidad Federal de Rio de Janeiro, cuyo actual programa tiene como objetivo la formación de recursos humanos altamente especializados en las áreas de Sistemas Biológicos y Procesamiento de Señales e Informática de Salud, Instrumentación Biomédica e Ingeniería Clínica. Desde 1974 la Universidad Estatal de Campiñas (UNICAMP), comenzó las actividades en el área de Bioingeniería. En 1982 fue creado el Centro de Ingeniería Biomédica (CEB) para reunir los esfuerzos del personal de las Facultades de Ingeniería, de Ciencias Médicas, de los Hospitales, Clínicas y otras unidades universitarias. En 1987 UNICAMP creó el Departamento de Ingeniería Biomédica, el cual desarrolla tres grandes líneas: Bioingeniería, Ingeniería Médica y Biológica e Ingeniería Clínica y Hospitalaria. La Universidad Federal de Santa Catarina (Florianópolis) también ofrece programas en Ingeniería Biomédica.

En Argentina se ofrecen cursos de Bioingeniería en el nivel de pregrado en la Escuela de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos desde 1985, y en la Universidad de

Mendoza desde 1974. La Universidad Nacional de Tucumán posee un laboratorio para investigaciones en Bioingeniería y otro para el desarrollo de equipos médicos, para algunas clínicas. También hay laboratorios en las Universidades Nacionales de Buenos Aires, Córdoba y San Juan.

La formación de profesionales en Bioingeniería en Venezuela comenzó durante la década de los años setenta. En la Universidad Simón Bolívar se ha venido trabajando en aspectos de Bioingeniería y Biofísica, iniciando en 1974 programas en estas áreas a nivel de pregrado, siendo así la primera Universidad del país en ofrecer cursos en esta especialidad. En la Universidad Central de Venezuela se lleva a cabo la formación de técnicos superiores en equipamiento cardio-pulmonar y en inspectores de salud. La Universidad Francisco de Miranda a través de uno de sus programas gradúa técnicos superiores universitarios en electromedicina. El Instituto Nacional de Cooperación Educativa (INCE), ofrece un programa-curso para Mantenimiento de equipos e instrumental.

En México los estudios de Ingeniería Biomédica se iniciaron en 1972 por la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME, Instituto Politécnico Nacional). En estos momentos el Instituto Politécnico Nacional tiene cursos regulares de Biotecnología y Bioingeniería. A este empeño se sumaron rápidamente otras universidades tales como la Universidad Iberoamericana, la Universidad Autónoma Metropolitana, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Universidad Autónoma de Puebla, la Universidad de Tabasco y la Universidad Autónoma de Guanajuato.

En un país de gran tradición médica como Cuba el sistema de salud garantiza el libre acceso de toda la población, a una atención de primera calidad. Tal demanda genera gran cantidad de recursos en tecnologías biomédicas, lo cual ha condicionado la consolidación de la profesión de Ingeniería Clínica. En la red hospitalaria cubana laboran alrededor de 250 ingenieros, dedicados fundamentalmente al mantenimiento del equipamiento biomédico; un número aún superior de profesionales trabaja vinculado al diseño de equipos y sistemas de aplicaciones médicas, radicados en la industria, centros de investigación y universidades.

Desde el año 1985 se inició por el ISPJAE el Programa de Bioingeniería a fin de atender el desarrollo de la especialidad en Cuba. A partir de 1987, a través de este programa se crea la Unidad Docente "Hermanos Ameijeiras" para la enseñanza de la Ingeniería Biomédica, en el hospital del mismo nombre y centro de referencia regional de la OMS/OPS.

En el año 2000 se creó el Departamento de Bioingeniería (CEBIO) con el objetivo de contribuir de forma significativa al desarrollo científico y académico de la especialidad de Bioingeniería en Cuba de manera sostenible, con liderazgo nacional y amplio reconocimiento a nivel latinoamericano, impulsando la modernización constante del Sistema de Salud mediante la introducción de los avances de esta ciencia, en cooperación con las principales instituciones cubanas y extranjeras en la rama. El Centro de Bioingeniería surgió como resultado de un grupo multidisciplinario que abordó los problemas de las ciencias biológicas con las técnicas de la ingeniería, a través de sus líneas de Investigación y desarrollo: División de Ingeniería Clínica (DIC), División de

Procesamiento Digital de Señales e Imágenes (DPSI) y División de Instrumentación y Bioingeniería (DIB).

La investigación en el área de ingeniería Biomédica en Colombia tuvo su comienzo hacia finales de la década de los años 60, con proyectos tan importantes como el desarrollo de marcapaso y una válvula para el tratamiento de la hidrocefalia. El arduo trabajo del Dr. Jorge Reynolds Pombo desde 1958 y comienzos de los años 60 hasta hoy en día, relacionado con el marcapaso en humanos y la biotelemedría cardiaca de las ballenas, han contribuido con el desarrollo de ingeniería Biomédica en Colombia.

El invento de la válvula para hidrocefalia significó para el doctor Salomón Hakim, M.D. y el ingeniero José Gabriel Venegas, recibir el Premio Nacional de Ciencias Alejandro Ángel Escobar. Poco tiempo después de este hecho, se conformó un grupo dedicado específicamente a la biomecánica; se dictaron varios cursos y se organizó un "Seminario de Bioingeniería", que pretendía dar a los estudiantes las bases para este tipo de estudios de naturaleza eminentemente multidisciplinario. Disuelto este grupo, el interés se extendió a otros departamentos de la facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes en donde investigadores y estudiantes continuaron trabajando en esta área.

Otro equipo liderado por el ingeniero Luís Enrique Amaya y el médico Alejandro Arciniegas inició labores hacia 1975, realizando múltiples e importantes aportes en el área de la oftalmología, habiéndose hecho acreedor al Premio Nacional de Ciencias Alejandro Ángel Escobar en 1980 y en 1987 por su modelo "Biomecánica del ojo".

El desempeño del doctor Ignacio Escobar M. como ingeniero eléctrico en el departamento de Fisiología de la Universidad de Antioquia generó, con personal médico, paramédico, físicos y otros profesionales, un gran número de publicaciones científicas, constituyéndose en la semilla de la Bioingeniería y la física médica en el departamento de Antioquia.

En el ámbito educativo se crearon en varias universidades, grupos de investigación en los diferentes programas de ingeniería. Desde hace aproximadamente unos 35 años, las universidades más tradicionales, como la Nacional, la Javeriana, los Andes, Antioquia, Valle, e Industrial de Santander, han venido produciendo un considerable número de tesis y publicaciones relacionadas con Bioingeniería en los diferentes programas de estudios.

Entre 1989 y 1991 se estructuró en Bucaramanga, el primer programa de educación superior en el área de la Bioingeniería, la Especialización Tecnológica en Equipo Electromédico, en las Unidades Tecnológicas de Santander, este fue el primer programa formal que logró el nivel de profesionalización y otorgaba un título de especialización tecnológica de electromedicina. En 1993 se fundó en Bucaramanga, la Asociación Colombiana de Bioingeniería y Electrónica médica, con estatutos de carácter nacional pero dividida en capítulos regionales. Con este propósito se realizaron gestiones en las ciudades de Bogotá, Medellín, Barranquilla y Cali.

En Bogotá, la Universidad Distrital y la Escuela colombiana de Carreras Industriales han ofrecido, desde la década de los años 80, un nivel técnico profesional en electromedicina. En 1994 la Universidad Antonio Nariño, en Bogotá, inició un programa de Ingeniería

Biomédica y la Universidad de los Andes ofreció un programa de especialización en Ingeniería hospitalaria.

Desde 1995 la Universidad Santiago de Cali, ofrece formación profesional de pregrado en Bioingeniería en coordinación con las facultades de salud, ciencias e ingeniería; para desempeñarse en gestión administrativa, legal y tecnológica de sistemas y recursos, como también en la investigación y el servicio médico e industrial, en el diseño e implementación de plataformas para la adquisición y procesamiento de imágenes basadas en ultrasonido y visión artificial.

En el año de 1996 la Universidad Manuela Beltrán introdujo una carrera profesional para otorgar el título de Bioingeniero con énfasis en Ingeniería Biomédica, Ingeniería Hospitalaria, Ingeniería de Biorecursos e Ingeniería de Salud Ambiental. Carreras que en la actualidad se han centrado fundamentalmente hacia la Ingeniería Biomédica.

Específicamente en la ciudad de Medellín, la Escuela de Ingeniería de Antioquia en convenio con la Universidad CES, creó en 1998 el programa de pregrado en Ingeniería Biomédica y posteriormente en el año 2008 el Instituto Tecnológico Metropolitano abre un programa con la misma denominación.

## ***2.2. Historia del Programa de Bioingeniería de la Universidad de Antioquia***

Desde 1979 la Universidad de Antioquia hizo público su interés de crear el área de Bioingeniería como una de las cuatro áreas de énfasis en el Departamento de Ingeniería Electrónica, que inicialmente se llamó Electromedicina, y que a partir de 1984 tomó el nombre de Bioingeniería.

En 1992, por iniciativa de la Universidad de Antioquia y con el concurso de prestigiosas instituciones como la Secretaría Seccional de Salud de Antioquia, Metrosalud, el Hospital General de Medellín, el Hospital Pablo Tobón Uribe, entre otras, se inició un estudio sistémico de las instituciones de salud y su respectiva plataforma de soporte. Las conclusiones, después de casi un año de trabajo arduo, se plasmaron en el documento: “Proyecto para la creación de un programa de capacitación en Bioinstrumentación y Mantenimiento hospitalario”, el cual sugiere la creación de diferentes pregrados en Bioinstrumentación, Biomecánica, Ingeniería Administrativa Hospitalaria, etc., y que para referirse a todas con un nombre genérico se convino denominarla Bioingeniería.

Con lo anterior, queda claro el interés de la Universidad de Antioquia por la Bioingeniería y poco a poco se fueron dando las condiciones para crear el programa. La creación de la especialización en Administración Hospitalaria y del Programa de Ingeniería de Materiales, entre otros, fueron aportando elementos para la maduración de una idea que finalmente se plasmó en realidad con la creación del programa de Bioingeniería con diferentes áreas de énfasis: Bioinstrumentación, Biomecánica, Biomateriales e Ingeniería clínica.

De la mano del profesor de la Facultad de Ingeniería Mauricio Wilches, el programa de Bioingeniería fue creado por Acuerdo 0163 de marzo 8 de 2000, su plan de estudios aprobado por acuerdo 008 de Febrero 8 de 2001, expedido por el Consejo de la Facultad de

Ingeniería, y ligeramente modificado por la Resolución 201 de enero 24 de 2002 del mismo Consejo. Las actividades académicas se iniciaron en el primer semestre del año 2001.

Hasta la fecha, 2017, el programa ha generado transformaciones en el medio médico del país por el impacto que han generado los egresados y los proyectos que se han realizado por parte de los grupos de investigación y del Programa, posicionando el programa a través de los años por la calidad de los egresados y de los resultados obtenidos.

### **2.3. Cambios en las estructuras curriculares y administrativas**

El Programa de Bioingeniería comenzó con un plan de estudios aprobado por el Acuerdo de Facultad 008 de febrero 8 de 2001 en el cual el 100% de las asignaturas eran ofrecidas con grupos exclusivos para los estudiantes del Programa. A pesar de que esto ofreció ventajas en cuanto a la formación académica, posteriormente surgieron problemas respecto a la flexibilidad. Debido a esto, cuando la Facultad de Ingeniería, en el año 2005, comenzó un proceso de transformación curricular para todos los programas adscritos a ella, que tenía la intención de modernizar los planes de estudio y establecer un tronco común para todas las ingenierías ofrecidas, el Programa de Bioingeniería ingresó en dicho proceso. Es así como el 1 de diciembre de 2005, mediante el Acuerdo de Facultad N° 064 se aprobó el Documento Rector de la Facultad, adoptando una estructura curricular cuyos componentes son: la fundamentación, la contextualización, la solución de problemas, los propósitos de formación, los campos del conocimiento y las estrategias didácticas.

Es así como a raíz de esta estructura curricular se creó la versión 2 del programa de Bioingeniería mediante Acuerdo de Facultad 071 de Julio 13 de 2006 y que fue completamente adherido al tronco común de la facultad de Ingeniería en el Acuerdo de Facultad 155 de 4 de septiembre de 2008. Luego de 4 años de haber implementado la versión 2 del programa, se estructuró la creación de la versión 3 la cual fue aprobada en el Acuerdo de Facultad 231 de 19 de marzo de 2010. Esta modificación no alteró el número de semestres de duración del programa, el cual se mantuvo en 10, aunque el número de créditos se bajó de 222 a 203, no porque se hubiera reducido considerablemente el número de cursos o su intensidad, sino por la necesidad de adecuarse con lo establecido en el Decreto 2566 de 2003, reglamentario de la ley 30, y con la ley 1188 de 2008 en lo concerniente a las condiciones mínimas de calidad y a las leyes concernientes a las profesiones tratadas en los acuerdos.

Sin embargo, el Decreto 1075 de 2015, que establece que un crédito académico equivale a 48 horas semestrales de trabajo del estudiante según el número de horas de docencia directa y la dedicación del estudiante en trabajo independiente, hizo necesaria la reestructuración de los programas de la Facultad de Ingeniería en general y del programa de Bioingeniería en particular en una versión 4. Dicha versión ya fue diseñada reduciendo la cantidad de créditos a 183, con un total de 165 créditos obligatorios y 18 electivos. La versión 4 ya fue aprobada en Comité de Carrera en acta 269 de 9 de octubre de 2015 y está pendiente de aprobación en segundo debate en Consejo de Facultad.

La Facultad de Ingeniería está a la espera de que todos sus programas tengan listos sus nuevos planes de estudio para hacer efectivo el cambio en 2018-1 y acogerse al Decreto 1075 de 2015. Por lo tanto, la versión 3 del Programa continúa vigente hasta el semestre

2017-2, teniendo en cuenta que ha tenido modificaciones menores de prerrequisitos y correquisitos que se han efectuado luego de realizar análisis periódicos de flexibilidad y pertinencia curricular.

En todas las versiones estaba contemplada una asignatura denominada Trabajo de Grado, la cual pretendía que el estudiante desarrollara su trabajo de fin de carrera como requisito obligatorio para optar al título de Bioingeniero. En 2010 comienza la labor del Comité de Prácticas de la Facultad de Ingeniería donde se proponen cambios sustanciales en la concepción del trabajo final de cada una de las ingenierías de la Facultad, haciendo una propuesta que implica la ejecución de un proyecto de ingeniería específico del programa académico, y puede ser realizada bajo alguna de las siguientes modalidades:

- **Práctica empresarial o Semestre de industria:** Es la experiencia laboral dirigida que realiza un estudiante en una empresa o entidad del país o del extranjero.
- **Práctica Social:** Es la participación del estudiante en un proyecto de ingeniería adelantado por entidades con o sin ánimo de lucro, que buscan el desarrollo social y económico de los sectores menos favorecidos de la población.
- **Trabajo de grado:** Es la formulación y el desarrollo de un proyecto en el cual se apliquen conocimientos en circunstancias específicas para resolver una necesidad tecnológica o científica.
- **Proyecto de investigación:** Es la participación del estudiante en un proyecto inscrito en el Sistema de Investigación Universitario por un grupo de investigación de la Universidad de Antioquia u otra universidad reconocida a nivel nacional o internacional.
- **Empresarismo:** Es la formulación de un proyecto empresarial para el cual se elabora un plan de negocios encaminado a la creación de la empresa o a impulsar la transformación de una existente.

El Programa de Bioingeniería inicialmente se planteó para ser coadministrado por las Facultades de Ingeniería, Medicina y Ciencias Exactas y Naturales; no obstante, se encuentra adscrito a la Facultad de Ingeniería, existiendo solamente participación de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales en el Comité de Carrera. El Programa cuenta con un Coordinador quien lo lidera y está asesorado por un Comité de Carrera y un Comité de Profesores. La Organización del Programa está directamente relacionada con la estructura de la Universidad y la Facultad, en algunos aspectos se depende del Consejo Superior Universitario y del Consejo Académico, no obstante la organización, administración y gestión dependen del Consejo de Facultad de Ingeniería, del Comité de Carrera y del Coordinador del Programa; quienes basan sus directrices en las actividades propias del quehacer universitario como son la docencia, la investigación, la extensión o proyección social y la cooperación nacional e internacional en el Programa.

#### ***2.4. Normas internas y externas que regulan la vida del programa***

El programa de Bioingeniería basa su funcionamiento en el Estatuto General, Reglamento Estudiantil, Estatuto Profesorado, Plan de Desarrollo de la Universidad, el Sistema Universitario de Investigación, el Estatuto Básico de Extensión, entre otros y acata toda la normatividad vigente y las directrices dadas por el consejo de Facultad de Ingeniería; adicionalmente genera algunas directrices propias del Programa como la normatividad para los proyectos integrativos de semestre, toda esta base es socializada y comunicada a los

docentes y estudiantes por medio de correos, comité de carrera, inducción a estudiantes, reunión de Proyecto Integrativo de Semestre (PIS) y desde la coordinación en procesos de matrícula y ajustes.

El Programa de Bioingeniería fue creado por Acuerdo 0163 de Marzo 8 de 2000, su plan de estudios fue aprobado por acuerdo 008 de Febrero 8 de 2001, expedido por el Consejo de la Facultad de Ingeniería, y ligeramente modificado por la Resolución 201 de enero 24 de 2002 del mismo Consejo.

El actual plan de estudios fue aprobado según Acuerdo del Consejo de Facultad No. 231 del 19 de marzo de 2010 y la reglamentación de las prácticas académicas está regida por el Acuerdo del Consejo de la Facultad de Ingeniería No. 524 del 14 de mayo de 2014. La admisión de estudiantes al Programa de Bioingeniería está regida por el Acuerdo Académico 480 del 21 de agosto de 2015.

A nivel externo el programa se rige por la ley 842 de 2003 cual modifica la reglamentación del ejercicio de la ingeniería, de sus profesiones afines y sus profesiones auxiliares, se adopta el Código de Ética Profesional y se dictan otras disposiciones, en el cual en el artículo 4, establece la Bioingeniería como una profesión a fin a la Ingeniería; además determina los principios éticos para el ejercicio de la profesión de los ingenieros.

### **3. ENFOQUE CONCEPTUAL Y CONTEXTUAL DEL PROGRAMA**

#### ***3.1. Concepciones teóricas que orientan el ejercicio de la profesión***

Aproximadamente en 1930, en varios laboratorios de Europa y Estados Unidos, nacieron la Bioingeniería, la Física Médica y la Biofísica. En ellas los profesionales del área (Físicos, Ingenieros, Biólogos, Médicos), utilizaban técnicas de análisis provenientes de cada ciencia en la solución de las necesidades planteadas por las ciencias de la vida.

La intención del hombre de mejorar su nivel de vida y de hacerla duradera, ha generado la necesidad de diseñar dispositivos que suplan las deficiencias que por la edad se crean en el organismo humano; igualmente las enfermedades que afectan al hombre, establecen la necesidad de crear dispositivos que lo ayuden a superar traumas como: tumores, heridas y trasplantes. Ingenieros y médicos se unieron para vislumbrar una nueva disciplina cuyos análisis han sido claves para el mejoramiento de la calidad de vida del hombre, y generar avances tecnológicos que permiten adaptar la naturaleza a las exigencias y necesidades. Del hecho anterior, nace una de las definiciones más aceptadas de Bioingeniería, la cual fue propuesta en 1972 por el *Committee of the Engineer's Joint Council* de los Estados Unidos: "La Bioingeniería es la aplicación de los conocimientos recabados de una fértil cruz entre la ciencia ingenieril y la médica, tal que a través de ambas pueden ser plenamente utilizados para el beneficio del hombre". Siendo esa la naturaleza del campo de la Bioingeniería: Unir conocimientos ingenieriles y médicos para el servicio del hombre.

El objeto propio de la Bioingeniería consiste en la comprensión y aplicación de los conocimientos en Ciencias Exactas, Naturales y de la Ingeniería para el análisis, diseño, simulación, implementación y optimización de procesos, procedimientos, equipos y

sistemas, que incorporen las diferentes tecnologías de Bioinstrumentación, Biomecánica y de los Biomateriales, con el fin de generar bienestar, desarrollo tecnológico y social sostenibles en los sectores Bioindustrial, Medico-asistencial y de Biodiversidad. El Programa pretende formar un profesional con sólida fundamentación científica, tecnológica, ética, administrativa y de innovación en Bioingeniería, con capacidad de entender y transformar su entorno, acorde con las necesidades, requerimientos, métodos y medios que la modernidad exige.

Teniendo en cuenta este objetivo el Programa se plantea las siguientes misión y visión.

### **3.1.1 Misión del Programa**

El Programa de Bioingeniería de la Universidad de Antioquia está comprometido con la generación, aplicación y difusión del conocimiento propio de la ingeniería, aplicado a las áreas de la vida. Tendrá una gran vocación de servicio, de respeto por las instituciones que requieran de estos y, sobre todo, formará profesionales capaces, íntegros, con capacidad para innovar, transformar y mejorar el entorno en el cual les corresponda desempeñarse.

### **3.1.2 Visión del Programa**

Para el año 2020 el Programa de Bioingeniería de la Facultad de Ingeniería será reconocido nacional e internacionalmente a nivel académico y de innovación, ya que realizará actividades de docencia, investigación y extensión de la más alta calidad, sujetas a los más nobles criterios éticos, de beneficio social y de compromiso con el desarrollo regional y nacional. Estará constituido por profesores y estudiantes de pregrado y posgrado en las áreas de Bioinstrumentación, Biomecánica, Biomateriales, Ingeniería Clínica y Procesamiento de Señales e Imágenes Médicas, donde la investigación promueva su aplicación a la vida.

## **3.2 *Pertinencia social y científica***

En la actualidad, la ciencia y sus aplicaciones son indispensables para el crecimiento económico y el desarrollo humano sostenible. Por medio de los programas de educación e investigación, y con el apoyo de las autoridades competentes, se aumenta la capacidad científica y tecnológica de un país, propiciando el desarrollo económico, social, cultural y ambiental. Esto se construye a través de la colaboración activa de todos los campos del quehacer científico, como las ciencias físicas, biológicas y de la tierra, las ciencias biomédicas y de la ingeniería y las ciencias sociales y humanas.

Colombia es un país en vía de desarrollo, tiene algunas brechas tecnológicas como baja participación de procesos de investigación, desarrollo e innovación, evidenciando una escasa creación de tecnología biomédica. Teniendo presente la naturaleza de unir conocimientos ingenieriles y médicos, la Bioingeniería a través de la integración de diferentes campos del saber, aporta para la generación de bienestar, desarrollo tecnológico y social sostenibles en diferentes sectores como la salud e industria biomédica; ya que forma profesionales con sólida fundamentación científica, tecnológica, ética, administrativa y de innovación, con capacidad de entender y transformar su entorno, acorde con las necesidades, requerimientos, métodos y medios que la modernidad exige.

La Bioingeniería está creciendo y estableciéndose como uno de los campos de mayor desarrollo en el país, no solo en sector salud, sino también en investigación. La fabricación e importación de compleja tecnología biomédica, la necesidad de normativas que rijan dicha tecnología y el desarrollo de biomateriales, hace que cada vez sea mayor la demanda de Bioingenieros, contribuyendo a los procesos de desarrollo cultural, económico, político y social y a la sostenibilidad ambiental.

Es así como el Programa de Bioingeniería de la Universidad de Antioquia se propone formar Bioingenieros en el ser, en el saber y en el saber hacer, de tal forma que:

- Sean conscientes del proceso de formación y sean capaces de construir su quehacer en la sociedad.
- Puedan comprender, analizar e interpretar la ciencia y la tecnología en su campo de formación.
- Construyan un conocimiento a partir de una forma de pensamiento complejo y sistémico que pueda transformar la sociedad en un beneficio común.
- Incorporen el conocimiento y los valores adquiridos para el mejoramiento de la calidad de vida, por medio del modelado, la simulación, el diseño y la construcción de sistemas ingenieriles.
- Sean agentes emprendedores, que puedan generar cambios en la sociedad.
- Expresen sus ideas de forma eficaz, utilizando diferentes formas comunicativas en su lengua materna y en una lengua extranjera.
- Sean capaces de trabajar de forma interdisciplinaria y multidisciplinaria y se adapten a ambientes de trabajo dinámicos.
- Sean capaces de incorporar los nuevos avances tecnológicos y de conocimiento en el desarrollo de su ejercicio profesional.
- Tener la capacidad de trabajar en diferentes áreas, de acuerdo a la demanda de profesionales del sector, y a las problemáticas relacionadas con la vida.

### ***3.3 Tendencias en el desarrollo de la disciplina***

A nivel internacional, se pueden identificar las tendencias en la investigación en ingeniería biomédica, tomando como referencia las publicaciones de uno de los más grandes eventos de la disciplina de la Ingeniería Biomédica y áreas afines, como la conferencia internacional titulada *International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*. En la última conferencia, las tendencias más marcadas en los temas de investigación fueron los del cerebro, EEG, interfaces cerebro-máquina, investigación del corazón, dispositivos con comunicación inalámbrica y dispositivos vestibles.

De acuerdo con la Dra Martha Zequera, una reconocida investigadora, dos de las nuevas tendencias en investigación en Latinoamérica, son las tecnologías de asistencia para rehabilitación motora para pacientes con enfermedades articulares o tisulares, y tecnologías para detectar problemas como la hipertermia del pie diabético usando imagen infrarroja.

Otras tecnologías emergentes incluyen tecnología para soportar el peso de las personas para protocolos de rehabilitación, diagnóstico temprano de la diabetes usando sistemas ayudados por computador y procesamiento de imágenes médicas. En Nueva Zelanda, se está

investigando en neurociencias, inteligencia artificial y modelado computacional. En Japón, realidad virtual en medicina para cirugías guiadas por imágenes. En China, uno de los temas más actuales es la restauración de la función cerebral usando técnicas de neuromodulación como la estimulación magnética transcranial (TMS)<sup>1</sup>.

El Programa de Bioingeniería contempla en su pensum y en los grupos de investigación las líneas de investigación que son tendencia mundial, como la Biomecánica de la rehabilitación, la Bioinstrumentación, el tratamiento de señales e imágenes, entre otras.

El Programa de Bioingeniería realiza una continua revisión de la proyección del Programa, lo que genera a su vez evaluaciones y mejoramiento del currículo, de modo que se ofrezca al estudiante todos los conocimientos para desempeñarse en el medio laboral de la manera más adecuada. Se ha buscado que el plan de estudios tenga como características principales la flexibilidad y la correspondencia con las necesidades actuales del medio.

Las necesidades y problemas de formación de los Bioingenieros se han determinado por análisis del sector médico local y teniendo en cuenta los lineamientos Departamentales y Nacionales sobre las áreas estratégicas de desarrollo; además del análisis interno realizado por docentes y estudiantes y de los planes de desarrollo de la Universidad y la Facultad.

La interacción del programa de Bioingeniería con el medio se ha realizado principalmente con los Proyectos Integrativos de Semestre (PIS), metodología de enseñanza implementada en el Programa (ver detalles más adelante), con los cuales los estudiantes han podido conocer la problemática del entorno por medio de la cooperación con otras instituciones y empresas del sector médico, asimismo los grupos de investigación del Programa interactúan con redes de trabajo tanto académica como industrialmente lo que permite la visualización de las posibilidades y las competencias que los futuros egresados deben tener. Las prácticas académicas en todas sus modalidades, en especial el Semestre de Industria, brindan también la oportunidad de interactuar con el medio externo tanto por parte del estudiante como de los profesores asesores.

### ***3.4 Comparativo con programas afines a nivel nacional e internacional***

#### ***Referentes nacionales***

En Colombia existen tres Programa de Bioingeniería y nueve de Ingeniería Biomédica los cuales están distribuidos en todo el país (Ver Tabla I.9.1). En la ciudad de Medellín existen dos Programas académicos a parte del de la Universidad de Antioquia, uno de carácter privado en la Escuela de Ingeniería de Antioquia EIA – CES y uno de carácter público en el Instituto Tecnológico Metropolitano ITM. El programa que ofrece EIA – CES, tiene como líneas de profundización la ingeniería de rehabilitación y del desempeño humano, ingeniería clínica, dispositivos y equipos biomédicos, modelos y simulación y biotecnología en salud. Por su parte el ITM creó un programa teniendo como líneas de énfasis la gestión de la ingeniería clínica y tecnológica hospitalaria, diseño y construcción de sistemas de Bioinstrumentación y diseño y desarrollo de sistemas de rehabilitación.

---

1 <http://pulse.embs.org/january-2015/bme-trends-around-world/>

En febrero de 2016, en el SNIES, 5 programas de pregrado en Bioingeniería contaban con registro calificado activo, con admisión semestral o anual, de esos 5 programas, 3 conducentes al título de Bioingeniero, exceptuando la Universidad Distrital-Francisco José de Caldas que otorga el título de especialización en Bioingeniería y la universidad Antonio Nariño cuyo título es Magister en Bioingeniería.

Todo lo anterior es referido a los programas activos, pero existen en Colombia otros programas inactivos, como el programa de Bioingeniería de la universidad Santiago de Cali y el programa de Bioingeniería de Procesos del Colegio Mayor de Antioquia también inactivo.

Los núcleos y campos de formación conceptual establecidos para los diferentes programas del país son muy similares, y en algunos casos las materias llegan a ser las mismas. Sin embargo, algunos programas cuentan con una duración de 8 o 9 semestres, la cual sería la diferencia más importante con el programa de Bioingeniería de la Universidad de Antioquia.

**Tabla 1.** Programas de Bioingeniería e Ingeniería Biomédica en Colombia.

PROGRAMA	UNIVERSIDAD	RECONOCIMIENTO DEL MINISTERIO	SEDES
<b>Bioingeniería</b>	Universidad de Antioquia	Registro de alta calidad	Medellín
	Universidad El Bosque	Registro calificado	Bogotá, D.C.
	Universidad Santiago de Cali	Registro calificado	Cali
<b>Ingeniería Biomédica</b>	Convenio Universidad CES – Escuela Ingeniería de Antioquia EIA	Registro de alta calidad	Medellín
	Corporación Universitaria de Ciencia y Desarrollo Uniciencia	Registro calificado	Bogotá, D.C.
	Corporación universitaria reformada CUR	Registro calificado	Barranquilla
	Instituto Tecnológico Metropolitano	Registro de alta calidad	Medellín
	Universidad Antonio Nariño	Registro calificado	Bogotá, D.C. Cartagena - Pereira - Popayán
	Universidad Autónoma de Manizales	Registro calificado	Manizales
	Universidad Autónoma de Occidente	Registro de alta calidad	Cali
	Universidad Manuela Beltrán	Registro de alta calidad	Bogotá, D.C. Bucaramanga
	Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito	Registro calificado	Bogotá, D.C.
	Universidad de los Andes	Registro calificado	Bogotá, D.C.
	Escuela Colombiana de carreras industriales - ECCI	Registro calificado	Bogotá, D.C.

### ***Referentes internacionales***

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha realizado diversos estudios para disponer de información sobre los programas académicos, asociaciones profesionales y el estado de los ingenieros biomédicos y bioingenieros en todo el mundo. Es por esto que en el 2015 la OMS invitó a los representantes de las instituciones o de los programas de Bioingeniería e Ingeniería Biomédica, a escuelas técnicas, a las asociaciones profesionales, instituciones gubernamentales y a los responsables de las estadísticas de trabajo de los países, para completar un informe de la situación global sobre los profesionales de la Ingeniería Biomédica y la Bioingeniería, con el fin de tener toda la información disponible.

Es importante resaltar que, según el informe de la OMS, Colombia ocupa el segundo lugar en Latinoamérica, según el número de instituciones que ofrecen Ingeniería Biomédica y Bioingeniería, antecedido por Brasil y es el cuarto en América siendo los primeros Estados Unidos, Canadá.

### ***3.5 Rasgos distintivos de programa***

El Programa de Bioingeniería de la Universidad de Antioquia tiene como factor diferencial la aplicación de un modelo pedagógico que permite formar a los estudiantes de una manera integral fundamentado en las ciencias básicas, socio-humanísticas, básicas de ingeniería e ingeniería aplicada y les permite enfrentarse abiertamente a los nuevos desafíos que en materia de tecnología se están experimentando en el medio, todo esto, a través del denominado Proyecto Integrativo de Semestre (PIS), en el cual grupos de 2 o 3 estudiantes realizan un trabajo de investigación por semestre académico, que relaciona e integra los conocimientos propios del semestre en curso con los conocimientos previos adquiridos.

En el PIS se debe plantear un problema, resolverlo basándose en la teoría y haciendo experimentación y hacer presentación pública de los resultados. El desarrollo de éstos ha permitido que los estudiantes tengan mucha claridad sobre el planteamiento de proyectos, la planeación y ejecución de metodologías, búsqueda de información, análisis de resultados a la luz de teorías; clarifican conceptos vistos en las diferentes asignaturas que cursan y establecen relaciones entre los mismos y además fortalece las competencias comunicativas orales y escritas. La realización de estos proyectos permite que los estudiantes formen diversas capacidades que los diferencian de profesionales de programas afines. Este hecho está respaldado por una encuesta realizada entre diciembre y enero del año 2016, respondida por 271 estudiantes, de los cuales el 72% consideró que la incidencia de los PIS en su proceso de formación era alta o muy alta.

Otro aspecto a resaltar es la aplicación de cursos teórico-prácticos en las asignaturas del Programa, lo que permite el desarrollo de múltiples competencias en cada individuo a través de la búsqueda de conocimiento por diferentes vías.

### ***3.6 Perfiles***

### **3.6.1 Perfil del estudiante**

El aspirante al Programa de Bioingeniería debe tener una gran afinidad con las Ciencias Exactas y Naturales, con las Ciencias de la Ingeniería y con las Ciencias Básicas Médicas; de manera que durante su formación profesional pueda estar en capacidad de unir esos conocimientos y convertirse en un Ingeniero al servicio de las áreas de la salud.

Los estudiantes que ingresan a la Universidad de Antioquia provienen mayormente de los estratos 1, 2 y 3, en su mayoría egresados de colegios públicos, que por lo general tienen algunas deficiencias en matemáticas y ciencias básicas, las cuales deben ser suplidas en los primeros semestres de su carrera universitaria. Deben ser estudiantes con gran interés en la ciencia y en la combinación de las temáticas relacionadas con la ingeniería y con la medicina; además responsables, con gran sentido social y ambiental y dispuestos al aprendizaje continuo.

En el Programa, se pretende la instauración conceptual y práctica de un currículo integrado que favorezca el aprendizaje para la comprensión del conocimiento científico, sus métodos y lenguajes y su utilización en solución de problemas, formulación de proyectos de investigación y de acciones emprendedoras, innovadoras y productivas para el desarrollo científico.

### **3.6.2 Perfil del egresado**

El Bioingeniero que egresa de la Universidad de Antioquia ejerce su profesión con ética, responsabilidad social y ambiental para:

- Aplicar las normas técnicas, de calidad y regulatorias vigentes en el sector salud.
- Realizar y liderar la gestión de tecnología en salud en todas las etapas de su ciclo de vida
- Manejar el riesgo hospitalario e implementar las protecciones necesarias mediante el uso de equipos de medición.
- Ejercer acciones de asesoría, interventoría y administración de sistemas y procesos técnicos hospitalarios.
- Obtener y procesar señales e imágenes para el diagnóstico médico e investigación.
- Diseñar, optimizar, simular, verificar y calibrar dispositivos médicos.
- Modelar matemáticamente fenómenos biológicos.
- Modelar, simular, analizar, diseñar y producir prótesis y órtesis.
- Caracterizar, formular y producir biomateriales.
- Simular y verificar el comportamiento de los biomateriales en el cuerpo humano y en los sistemas biológicos en general.

### **3.6.3 Perfil de los Docentes**

De acuerdo a las características de relación laboral que tiene la Universidad, los profesores se clasifican en Vinculados, Ocasionales, Visitantes y de Cátedra. La primera categoría está clasificada en el escalafón docente contemplado en el Estatuto Profesorial de la Universidad, mientras que los profesores de cátedra son prestadores de servicio por horas

de docencia. En particular, el número de cursos del programa de Bioingeniería ofrecidos por profesores de cátedra constituye un porcentaje amplio en lo que respecta a la formación básica de las ciencias y la formación básica de la ingeniería. Sin embargo, En los cursos de la formación de la ingeniería aplicada y formativa, son los profesores de tiempo completo los que dictan la mayoría de los cursos.

Los cursos de ciencia básica en matemáticas, física, biología y química se ofrecen como cursos de servicios con el apoyo de los profesores de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Antioquia. Los cursos de Morfofisiología I y II son ofrecidos por docentes de la Facultad de Medicina.

Actualmente el Programa de Bioingeniería cuenta con doce (12) plazas docentes y una administrativa, de las cuales nueve (9) han sido asignadas a profesores vinculados de tiempo completo, uno de ellos actualmente ocupa el cargo administrativo de Coordinador del Programa y otros tres se encuentran en comisión de estudios de doctorado, por lo que, en el año 2015, se tiene un profesor ocasional para reemplazarlos en sus labores académicas, al igual que se cuenta con un profesor ocasional para reemplazar al profesor en cargo administrativo. Las otras tres plazas docentes se encuentran disponibles para ser ofertadas en concurso público de méritos.

Por tanto, el Programa de Bioingeniería a la fecha cuenta con seis docentes vinculados activos y siete profesores ocasionales de tiempo completo, además de dieciocho profesores de cátedra adscritos a la Facultad de Ingeniería. Adicionalmente, cuenta con un profesor vinculado de tiempo completo adscrito a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.

Todos los profesores de Bioingeniería tienen participación activa en la formación de pregrado y en los grupos de Investigación. Comparado con el año 2009, el nivel de formación de los profesores de Bioingeniería ha aumentado considerablemente; a la fecha, 6 profesores poseen título de Doctorado, uno de ellos realizó Post-Doctorado y tres más están realizando sus estudios doctorales, todos los 7 profesores ocasionales poseen título de maestría, es decir que, del total de profesores de Bioingeniería el 37,5% tienen formación de Doctorado y el 18,75% están en la etapa final de sus estudios doctorales y el restante 43,75% tienen formación de maestría.

Es importante destacar que 4 de los profesores (1 vinculado y 3 ocasionales) son Bioingenieros formados en el mismo Programa. En la Tabla 2 se presenta el listado de profesores del Programa de Bioingeniería con su respectiva dedicación y escalafón docente.

**Tabla 2.** Profesores vinculados (TC) y ocasionales (OC) del Programa de Bioingeniería.

NOMBRE	ÁREA DE CONOCIMIENTO	FORMACIÓN ACADÉMICA	INSTITUCIÓN QUE OTORGA EL TÍTULO	CATEGORÍA Y VINCULACIÓN	CATEGORÍA INVESTIGACIÓN
Uribe Pérez Juliana <sup>1</sup>	Biomecánica	Doctorado en Ciencias de los Materiales	Escuela Nacional Superior de Minas de Saint-Etienne	Auxiliar (TC)	Investigador Junior (IJ)
Gallego	Bioinstrumentación-	Maestría en	Rwth Aachen	(OC)	Integrante vinculado

Londoño Jonathan <sup>2</sup>	Señales biomédicas	Ingeniería Biomédica	University – Trinity College Dublin		con Maestría
Aristizábal Nieto Jenny Kateryne	Bioinstrumentación – Imágenes médicas	Maestría en Ingeniería Biomédica	Politécnico de Turín	(OC)	Integrante vinculado con Maestría
Escobar Sierra Diana Marcela	Biomateriales	Doctorado en Ciencias Químicas	Universidad de Antioquia	Titular (TC)	Investigador Asociado (I)
Ossa Orozco Claudia Patricia	Biomateriales	Doctorado en Ing. Metalúrgica y Materiales	Universidad de São Paulo	Asociado (TC)	Investigador Asociado (I)
Lemos Duque Juan Diego	Bioinstrumentación	Maestría en Ingeniería – Aspirante a Doctor	Universidad de Antioquia	Asociado (TC)	Integrante vinculado con Maestría
Hernández Valdivieso Alher Mauricio	Modelos y simulación	Doctorado en Ingeniería Biomédica	Universidad Politécnica De Cataluña	Titular (TC)	Investigador Asociado (I)
Barreneche Ospina Juan Guillermo	Ingeniería Clínica - Administración	Maestría en administración negocios (MBA)	Universidad EAFIT	(OC)	Integrante vinculado con Maestría
López Hincapié José David	Bioinstrumentación - Informática	Doctorado en Ingeniería	Universidad Nacional (Manizales)	Asociado (TC)	Investigador Junior (IJ)
Arenas Bustamante Juan Fernando	Fenómenos de transporte - Biomateriales	Maestría en Ingeniería	Universidad de Antioquia	(OC)	Integrante vinculado con Maestría
García Ramos Javier Hernando	Ingeniería Clínica - Bioinstrumentación	Maestría en Ingeniería	Universidad de Antioquia	(OC)	Integrante vinculado con Maestría
Gómez Ochoa John Fredy	Imágenes y señales médicas - Informática	Maestría en Ingeniería – Aspirante a Doctor	Universidad de Antioquia	Asociado (TC)	Investigador Junior (IJ)

<sup>1</sup> Profesor en comisión administrativa: Coordinador del Programa

<sup>2</sup> Profesores ocasionales en reemplazo de los profesores en comisión.

Con la planta profesoral y los estudiantes del Programa, se han conformado dos grupos de investigación: Grupo de Investigación en Biomateriales BIOMAT (2003 Reconocido), Grupo de Investigación en Bioinstrumentación e Ingeniería Clínica GIBIC (2007 Categoría A1 Colciencias). Gracias a la participación de los docentes en estos grupos se han fortalecido las actividades de docencia, investigación y extensión del Programa, además se han establecido convenios con otras instituciones educativas y con empresas del sector a nivel nacional e internacional, lo que permitan el intercambio de equipos, servicios, conocimientos todo en pro de una mejor proyección del Programa.

Los docentes del programa son profesionales idóneos en las áreas del saber afines al campo científico específico del programa, tienen compromiso con la institución y el Programa, lo que genera un alcance de los objetivos misionales de la Universidad en docencia, investigación y extensión. Es un personal con altas capacidades que está siendo reconocido en el medio científico por la publicación de sus resultados en los diversos eventos científicos del área, por la publicación en revistas científicas de alto impacto y por la participación en patentes de los desarrollos logrados. En el ambiente científico y empresarial es un grupo de profesores conocido y respetado, tanto por sus logros académicos como por la formación de los egresados.

### **3.7 Coherencia del programa con los principios institucionales**

La misión de la Universidad de Antioquia es ser una universidad pública que en ejercicio pleno de su autonomía se compromete con la formación integral del talento humano, con criterios de excelencia, generación y difusión del conocimiento en los diversos campos del saber y la preservación y revitalización del patrimonio cultural.

La misión de la Facultad es la de formar ingenieros, integrales y competentes, para un mundo globalizado; desarrollar la investigación, la educación continua y la consultoría profesional orientadas a la innovación y gestión tecnológica, para contribuir, en un ambiente de convivencia, al desarrollo sostenible, a la transformación de las condiciones sociales, y al mejoramiento de la calidad de vida de la región y del país, en armonía con los principios filosóficos de la Universidad de Antioquia.

Por su parte, la misión del programa de Bioingeniería, comprometido con la generación, aplicación y difusión del conocimiento propio de la ingeniería, aplicado a las áreas de la vida, es tener una gran vocación de servicio, de respeto por las instituciones que requieren de éstos y, sobre todo, formar profesionales capaces, íntegros, respetuosos de lo plural, con capacidad para innovar, transformar y mejorar el entorno en el cual les corresponda desempeñarse.

La visión de la Universidad es: “en el año 2016, seremos la principal universidad de investigación del país y una de las mejores de América Latina, con pregrados y posgrados de excelencia académica internacional, líderes en el aporte a la transformación socioeconómica del país, y un auténtico escenario de la diversidad y el diálogo intercultural, en el marco del respeto por el pluralismo y el ambiente”. Enmarcada en esta visión, la Facultad de Ingeniería proyecta ser líder en Colombia y reconocida en América Latina por la innovación basada en la investigación. Sus egresados se distinguirán por su alta calidad profesional, su formación integral, su creatividad, su liderazgo y su aporte al desarrollo regional sostenible<sup>2</sup>.

La visión del programa de Bioingeniería para el año 2020, es ser reconocido internacionalmente a nivel académico y de innovación, ya que realizará actividades de docencia, investigación y extensión de la más alta calidad, sujetas a los más nobles criterios éticos, de beneficio social y de compromiso con el desarrollo Regional y Nacional. Estará constituido por profesores y estudiantes de pregrado y posgrado en las áreas de Bioinstrumentación, Biomecánica, Biomateriales, Ingeniería Clínica y Procesamiento de Señales e Imágenes, donde la investigación promueva su aplicación a la vida.

El Proyecto Educativo Institucional (PEI), se plantea por medio del Estatuto General y de otros documentos que lo expresan y lo concretan, como el Plan de Desarrollo 1995-2006 y 2006-2016, el Estatuto Profesorial, el Estatuto Básico de Extensión, el Sistema Universitario de Investigación, el Sistema Universitario de Posgrado, el Reglamento Estudiantil de

---

<sup>2</sup><http://www.udea.edu.co/wps/portal/udea/web/inicio/institucional/unidades-academicas/facultades/ingenieria/ingenieria>

Pregrado, el Reglamento Estudiantil de Posgrado, el Programa de Egresados, la misión, los principios, los objetivos y las políticas de Regionalización, entre otros.

Es así como se muestra que existe una relación directa entre las políticas del Programa de Bioingeniería y las políticas establecidas por la Universidad de Antioquia en sus tres ejes misionales docencia, investigación y extensión.

## **4 COMPONENTES PEDAGÓGICOS Y CURRICULARES**

### **4.1 Componentes pedagógicos**

#### **4.1.1 Concepción de enseñanza - aprendizaje: fundamentación pedagógica**

En ingeniería se requiere formar profesionales idóneos con una buena fundamentación en las ciencias básicas y ciencias de ingeniería aplicada, que sean capaces de adaptarse a los cambios tecnológicos y a los grandes desafíos de un mercado cambiante. Actualmente, en el proceso de formación del estudiante han participado diferentes modelos pedagógicos que para hablar de su efectividad se tendría que evaluar los resultados de las instituciones encargadas de velar por la calidad de la educación en Colombia. En muchos casos los resultados indican la necesidad de nuevos cambios en los procesos de formación de los profesionales con mayores destrezas y habilidades para enfrentarse a cualquier problemática real.

Para un mejor desarrollo de la docencia se han ido planteando metodologías activas que pretenden que el alumno sea el protagonista de su proceso formativo. Es fundamental implementar estrategias y líneas de investigación que permitan crear ambientes adecuados para el trabajo experimental bien sea en campo o a nivel de laboratorio, teniendo como base que los estudiantes pueden aprender haciendo y pensando.

En el programa de Bioingeniería son aplicados dos métodos de enseñanza: los cursos teórico prácticos y el aprendizaje basado en proyectos. Con ellos se asegura la competencia y la calidad en la práctica profesional, puesto que se proponen actividades que además de estimular la ejercitación repetida, desarrollan los procesos de pensamiento crítico.

A diferencia de los métodos tradicionales, el aprendizaje basado en proyectos requiere de un proceso motivador, donde los estudiantes son los artífices de su aprendizaje contando con la guía de un docente asesor. En estos proyectos se plantea la solución de problemas o casos para motivar el aprendizaje de los aspectos más relevantes de la materia o área de estudio. Este proceso requiere grupos de trabajo de 2 o 3 estudiantes para facilitar el proceso de aprendizaje. De manera similar, los cursos teórico-prácticos afianzan los conocimientos del estudiante y a su vez clarifican algunos conceptos teóricos.

El método de los proyectos tiene como propósito el desarrollo de un proyecto por parte del estudiante, a partir de un problema a ser resuelto, con un objetivo claro y que no se soluciona solo teóricamente sino desde la realización práctica. Sin embargo, a pesar de trabajar en proyectos que pueden parecer totalmente prácticos, no se puede perder el enfoque hacia el logro del aprendizaje significativo de los conceptos fundamentales de carácter teórico.

Dicha metodología de enseñanza es aplicada con la definición semestral de proyectos por parte de los docentes del Programa y/o por el planteamiento de problemas por parte de los estudiantes; para su solución, se requiere del conocimiento de las materias que el estudiante está cursando o aprobó en semestres anteriores. Dichos proyectos semestrales fueron denominados Proyectos Integrativos de Semestre (PIS).

En los PIS se busca integrar de manera longitudinal y transversal los conocimientos que el estudiante va adquiriendo, con el fin de suplir necesidades reales del área de la Bioingeniería y adicionalmente responder a una proyección social enmarcada en la investigación.

Lo que se pretende con este modelo, es que el estudiante a partir del problema planteado, proponga diferentes alternativas de solución, analice cada una de las alternativas enunciadas, organice los conocimientos que va adquiriendo en las asignaturas y trabaje en grupos de manera cooperativa; desarrollando habilidades de observación, análisis y reflexión.

Los docentes deben ser cualificados con los cursos de metodología de la investigación, desarrollo y evaluación de proyectos con el fin de tener elementos de evaluación unificados para la evaluación y el desarrollo de los proyectos. Para asegurar el éxito de la metodología, se debe disponer del recurso humano suficiente que permita la dirección de cada una de las propuestas de proyectos integrativos de semestre.

En cuanto al estudiante, también debe ser capacitado de tal modo que pueda tener elementos para formular un problema, definir el título de la propuesta, sus objetivos, plantear el problema, desarrollar un marco teórico, justificar el proyecto, realizar un cronograma de trabajo y evaluar el alcance de la propuesta. Dicha capacitación es actualmente brindada por los asesores. No obstante, en el plan de estudio que está en proceso de evaluación, se cuenta con una asignatura denominada PIS I en la cual los estudiantes tendrán un curso de metodología de la investigación.

Es fundamental disponer de los espacios necesarios para que las propuestas se puedan desarrollar, es decir, se debe tener disposición de los laboratorios de ciencias básicas e ingeniería para el desarrollo de los proyectos. Se debe hacer énfasis en la disponibilidad de los insumos y componentes para la ejecución de los proyectos. Los grupos de investigación del Programa de Bioingeniería apoyan constantemente la realización de los proyectos PIS, incluso, muchos de estos se enmarcan dentro de los grandes proyectos de investigación financiados por la Universidad de Antioquia o por otros entes externos, como Colciencias, Sistema General de Regalías, Ruta N, entre otros.

No se puede olvidar que esta metodología a pesar de ser bastante práctica, se basa en los conocimientos teóricos, por tanto, se debe contar con los recursos bibliográficos necesarios: libros actualizados, revistas científicas, bases de datos, de los cuales disponen los estudiantes a través del Sistema de Bibliotecas de la Universidad, al cual tienen acceso dentro de la Universidad o por medio del acceso remoto vía internet, por ejemplo, desde sus lugares de residencia.

Desde el punto de vista curricular, la metodología facilita la interdisciplinariedad, ya que para la presentación y solución de una propuesta se convocan todas las áreas del saber presentes en cada semestre. El trabajo por proyectos permite formar de manera integral, pues pueden ser trabajadas las dimensiones comunicativa, cognitiva y afectiva, esta última permite al estudiante desarrollarse en un ámbito que le permite ser tolerante, cooperativo, conciliador frente a los problemas que puede enfrentar en un grupo de trabajo.

Además, se aprende el manejo del tiempo, haciéndose consciente de la necesidad de planear las actividades estableciendo cronogramas de trabajo para la consecución de los objetivos. Este hecho se hace necesario debido a que, en el medio laboral, los proyectos se ciñen a tiempos de entrega específicos que al no ser cumplidos aumenta los costos, pueden causar que el proyecto fracase y disminuyen la eficiencia de la empresa.

Los proyectos ayudan a los estudiantes a visionar proyectos futuros, como es el caso de la formación de nuevas empresas o planes de negocios, lo que aumenta la productividad del medio, mejora la economía y las posibilidades de empleo; a la vez que puede generar avances tecnológicos para el país.

Debido a que los estudiantes del Programa de Bioingeniería deben entregar informes escritos parciales y finales de los proyectos en ejecución, aprenden a sintetizar ideas tanto de los conceptos e ideas teóricas como de los planteamientos y resultados obtenidos. La capacidad de expresión mejora enormemente, tanto escrito como oral, pues al hacer presentaciones de sus trabajos deben explicar sus ideas coherentemente y de manera segura. Dado que la mayoría de los textos y documentos científicos se encuentran en inglés, los estudiantes desarrollan los conocimientos en lengua extranjera, hecho que los prepara mejor para su incursión en el mundo laboral, que en la actualidad está enmarcado en la globalización.

Los estudiantes deben trabajar en grupos, lo que les permite establecer relaciones de confianza, donde se aprovechan las experiencias y conocimientos de todos los integrantes, además de coordinar y asignar actividades al grupo de trabajo. Identificar una problemática, aunque puede parecer fácil, es una de las dificultades que se presentan en la mayoría de los grupos de estudiantes. Es por esto que ha sido muy útil el planteamiento de proyectos por parte de los docentes, cuando los estudiantes plantean la idea, suelen usar la metodología de lluvia de ideas, para luego converger a una idea común que será el tema a tratar. Adicionalmente al tema, se deben evaluar los requerimientos necesarios para abordar dicha problemática, las debilidades y fortalezas que tiene cada uno de los integrantes del grupo para aportar una solución al problema.

Durante la carrera, los estudiantes desarrollan varias propuestas de trabajo, lo que les permite adquirir habilidades en la presentación y desarrollo de sus propuestas. Pueden desarrollar un proyecto que tenga un alcance mayor al que se puede efectuar en un semestre, dando la posibilidad de tener una continuidad y que el proyecto se torne posteriormente en su práctica académica.

#### **4.1.2 Modalidades y métodos docentes. Didácticas**

En la metodología propuesta al inicio del Programa de Bioingeniería en 2002, se planteó que todos los estudiantes matriculados en el Programa realizaran PIS, no obstante luego de una revisión sobre los proyectos se consideró que era necesario que los estudiantes contaran con conocimientos en las asignaturas del ciclo profesional, para realizar así propuestas más encaminadas a resolver problemas pertinentes y relevantes a la Bioingeniería; así además se garantizaba la cantidad de recursos y profesores para realizar los seguimientos sobre los trabajos. Es así como se decidió incluir los PIS únicamente en los cursos de los niveles V al VIII del plan de estudios y se conservó la metodología de evaluación donde el alumno recibía notas de su tutor por un informe parcial, un informe final y por seguimiento; aparte de otra nota por una presentación pública frente a evaluadores del área y público general. La nota final se asignaba al 10% en la evaluación de las asignaturas que estuviera cursando. El PIS, se realiza entonces en varias etapas, que deben ser cumplidas por los estudiantes y que están enmarcadas cronológicamente en las semanas calendario del semestre académico. En el año 2016 se dispuso que cada docente asesorase semestralmente como máximo 6 proyectos, para no saturar a los docentes en la dirección de varios proyectos PIS y que se contara con el tiempo suficiente para acompañar el proceso de cada grupo.

A diferencia de los métodos de enseñanza convencional, la metodología empleada exige que se disponga de un programa de capacitación de los docentes que participarían en las tutorías de los proyectos presentados por los estudiantes, así como de la logística apropiada para que los estudiantes puedan desarrollar sus proyectos.

Para la transformación curricular (versión 4 del plan de estudios), se propuso que PIS fueran asignaturas independientes incluidas en los semestres V a VII, de esta forma la calificación de los PIS se asignaría exclusivamente a dicha asignatura y se excluiría del 10% de las asignaturas restantes del semestre. Se pretende que se tenga un curso enfocado hacia el conocimiento de la metodología de la investigación, otro hacia el desarrollo de un proyecto y el tercero enfocado hacia el emprendimiento.

Esta metodología se considera fundamental para los estudiantes y egresados del Programa. Cuando se preguntó sobre los aportes que han tenido los PIS en diferentes competencias, el 72% de los estudiantes respondieron que los aportes que el desarrollo de los PIS hace a su mentalidad crítica e investigativa, a la aplicación de conceptos, al conocimiento de la problemática del entorno, al perfeccionamiento de las habilidades comunicativas y de trabajo grupal es alta o muy alta. Considerándose, así como una estrategia formativa adecuada que permite que los egresados se distingan en el medio por sus grandes capacidades.

Otra de las estrategias implementadas en el Programa son las asignaturas teórico-prácticas en las áreas de Ciencias Básicas, Básicas de Ingeniería e Ingeniería Aplicada. En la actualidad las asignaturas de Ciencias Básicas que son teórico-prácticas como Química General, Química Orgánica, Bioquímica, Biología I y Biología II, tienen dentro de la evaluación de la asignatura un porcentaje correspondiente al trabajo realizado por el estudiante en el laboratorio, el cual tiene un horario e intensidad definida, si el estudiante no aprueba la asignatura, deberá al siguiente semestre repetir no solamente el componente teórico, sino también su componente práctico.

La articulación de la parte práctica a la asignatura exige un sincronismo entre el docente que dicta el laboratorio y el docente que dicta la teoría, ya que las prácticas deben corresponder al tema que el estudiante esté viendo; y preferiblemente debe ser el mismo docente para la teoría y la práctica. Con esta modalidad teórico-práctica se busca que el estudiante no solo esté en capacidad de repetir procesos o procedimientos, sino que pueda explicarlos a la luz de los conceptos vistos en clase.

La modalidad teórico-práctica es ventajosa porque permite el seguimiento, evaluación y retroalimentación que se le realice al estudiante. La modalidad para un curso está definida por los recursos disponibles, el tiempo previo para la preparación del curso y la cantidad de estudiantes matriculados para el curso, el componente práctico de los cursos se ofrece para grupos pequeños contando con la disponibilidad de los laboratorios.

#### **4.1.3 Evaluación de los aprendizajes: objeto de la evaluación, métodos de evaluación con sus rasgos y características, coherencia de los métodos empleados con los propósitos de formación y con las modalidades y métodos docentes**

El propósito principal de la evaluación es realimentar al estudiante y al docente en sus fortalezas y debilidades; al estudiante le permite conocer que tanto ha aprendido y al docente le permite identificar los temas que debe reforzar.

Dentro de las técnicas de evaluación se pueden identificar: examen escrito, examen práctico, mapas conceptuales, evaluación del compañero, auto-evaluación, evaluación al docente, presentación oral y reporte escrito. A continuación, se explicará cada una de ellas:

**Examen escrito:** con la metodología propuesta, el examen escrito no debe ser del tiempo memorístico, sino del tipo aplicación de conocimiento e interpretación, de tal forma que se pueda realizar a libro abierto o cerrado. Las preguntas se deben diseñar de tal forma que se garantice una solución de un problema.

**Examen práctico:** este tipo de evaluación tiene como objetivo que el estudiante aplique las habilidades aprendidas durante el proceso de aprendizaje de la asignatura.

**Evaluación del compañero:** se le proporciona al estudiante una guía de categorías de evaluación que le ayuda al proceso de evaluación del compañero.

**Mapas conceptuales:** se busca que el estudiante represente su conocimiento a través de relaciones lógicas entre los conceptos y su representación gráfica. Por medio de los mapas conceptuales, por ejemplo, se puede representar gráficamente las alternativas de solución a un problema y su evaluación.

**Auto-evaluación:** propende al desarrollo de una actitud reflexiva sobre lo que el estudiante sabe y necesita saber para cumplir una tarea específica.

**Evaluación al docente:** el estudiante o un grupo de estudiantes puede con esta forma de evaluación retroalimentar al docente acerca de la manera en que participó en el proceso de enseñanza.

**Presentación oral:** por medio de esta forma de evaluación, el estudiante tiene la posibilidad de practicar sus habilidades orales.

**Reporte escrito:** este tipo de evaluación permite que el estudiante desarrolle las habilidades escritas, que practique la elaboración de documentos en los cuales plasme sus ideas, enfocado principalmente al desarrollo de la solución del problema planteado inicialmente.

Los criterios de evaluación de los estudiantes de Bioingeniería son establecidos por cada docente en la asignatura que coordina, siendo de conocimiento de los alumnos desde el primer día de clase de cada semestre lectivo; además en los formatos del microcurrículo de los cursos se establece el proceso de evaluación, los cuales son aprobados por el Comité de Carrera del Programa y por el Consejo de Facultad. Los estudiantes son evaluados a través de diferentes estrategias como exámenes orales y escritos, presentación de trabajos escritos individuales y en grupos, exposiciones orales, desarrollo de proyectos de aula, entre otros. Lo que tiene como objetivo que cada estudiante sea evaluado de diferentes maneras y el profesor pueda verificar como el estudiante se ha apropiado de los conocimientos específicos de la asignatura.

## **4.2 Componentes Curriculares**

### **4.2.1 Organización de los contenidos curriculares**

#### **Áreas**

De acuerdo a los lineamientos definidos por el Ministerio de Educación Nacional donde se establecen los estándares de calidad de los programas académicos, para la formación integral de un estudiante de Ingeniería; el plan de estudios básico debe comprender, al menos, las siguientes áreas de conocimiento: Área de Ciencias Básicas, Área de Ciencias Básicas de Ingeniería, Área de Ingeniería Aplicada y Área Socio-humanística.

En la Tabla 3 se presenta cada área con las disciplinas que componen el Programa.

**Tabla 3.** Áreas y disciplinas correspondientes a la Bioingeniería.

<b>ÁREA</b>	<b>DISCIPLINAS</b>
Ciencias básicas	Física, Química, Matemáticas, Biología, Morfofisiología.
Ciencias básicas de ingeniería	Materiales, Circuitos y Electrónica, Fenómenos de Transporte, Mecánica, Dibujo, Computación.
Ingeniería aplicada	Biomateriales, Biomecánica, Bioinstrumentación, Procesamiento de Señales Biomédicas, Ingeniería Clínica.
Socio-humanísticas	Humanidades, Económico-administrativa, Habilidades comunicativas, Inglés.

La primera de las áreas aborda las ciencias básicas correspondientes a la Física, la Química, la Biología, las Matemáticas y la Morfofisiología, y sus respectivas herramientas, de tal forma que permitan modelar los procesos vitales. El propósito en esta área es el de comprender y enfrentar cualitativa y cuantitativamente los fenómenos de los seres vivos y

sus entornos, desde la perspectiva del modelado, la simulación, la verificación y aplicación de las leyes que los rigen.

La segunda de las áreas contiene los fundamentos básicos para la ingeniería que son de interés para el programa, tales como; fenómenos de transporte, características de los materiales, análisis de redes, análisis y procesamiento de señales, máquinas y su control, modelado de sistemas y uso de dispositivos electrónicos, anatomía, fisiología, biomecánica y bioestadística. Su propósito es el de manejar las herramientas nuevas y clásicas de la Ingeniería, para intervenir y modelar los procesos biológicos.

La tercera área, Ingeniería aplicada, permite seleccionar una línea de énfasis, a través de la cual el estudiante incursiona, de una manera relativamente profunda, en algunas herramientas tecnológicas, con el fin de abordar problemas de importancia social, solucionarlos y generar nuevo conocimiento que se traduzca en desarrollo humano. Su propósito es el de transformar el entorno social, desde una perspectiva ética, tecnológica, innovadora y sostenible.

La cuarta área, Socio-humanística, está inmersa en todas las unidades de organización curricular gracias a la metodología adoptada. Además, profundiza en temas tales como bioética, teoría del desarrollo social, evolución del pensamiento científico y elementos de administración. Su propósito está orientado a identificar el conocimiento adquirido como un instrumento al servicio de las necesidades sociales y de la autorrealización.

Los PIS, hacen parte importante dentro de los aspectos curriculares del programa de Bioingeniería. El PIS está reglamentado bajo la normatividad establecida en el Acuerdo de Facultad 678 del 27 de julio de 2016. Los temas de los PIS deben estar enmarcados en una de las siguientes áreas específicas del conocimiento:

- Bioinstrumentación
- Biomateriales
- Biotecnología
- Biomecánica
- Ingeniería Clínica
- Informática Médica
- Modelado y simulación de sistemas, procesamiento de señales e imágenes
- Fenómenos de Biotransporte
- Bioinformática

Los proyectos integrativos de semestre constituyen el pilar de la formación integral orientada a la investigación, la innovación y el emprendimiento en Bioingeniería.

### ***Principios***

El Programa cuenta con una serie de principios curriculares los cuales se traducen en aspectos como:

- Flexibilidad
- Interdisciplinariedad

- Motivación por la investigación
- Aprendizaje basado en cursos teórico-prácticos
- Contacto temprano con el ambiente de trabajo
- Cada campo del conocimiento aporta valores
- El conocimiento en el contexto del hombre y la sociedad
- La experimentación inmersa en la Unidad de Organización Curricular
- Multilingua
- Metodología basada en proyectos integrativos.
- Introducción del modelado y la simulación como herramientas básicas del aprendizaje.

### ***Líneas de énfasis o profundización***

El currículo del programa de Bioingeniería contempla 5 líneas de énfasis diseñadas para cubrir las necesidades y problemas de formación de los Bioingenieros. Dichas líneas se determinaron a partir de la demanda laboral; los lineamientos departamentales y nacionales sobre las áreas estratégicas de desarrollo; el análisis interno realizado por docentes y estudiantes y los planes de desarrollo de la Universidad y la Facultad. De acuerdo con las líneas de énfasis que se han definido para el programa de Bioingeniería, se definen los propósitos de formación en cada una de ellas.

### **Bioinstrumentación**

Incluye las necesidades y problemas relacionados con el desarrollo de equipos para el análisis, medición, monitoreo y control de procesos biológicos. Abarca desde el desarrollo de prototipos hasta productos comerciales que se apliquen en ambientes de tipo hospitalario, principalmente, con diseño analógico, digital o mixto.

Necesidades y problemas genéricos:

- Identificación de necesidades de desarrollo de equipos médicos a la medida.
- Desarrollo de equipos médicos que apliquen condiciones de bioseguridad y funcionalidad.
- Desarrollo de protocolos de validación para prototipos de equipos médicos.
- Desarrollo de simuladores biomédicos para el aprendizaje de profesionales de la salud

### **Procesamiento de Señales e Imágenes Médicas**

Incluye el desarrollo de algoritmos de apoyo al diagnóstico clínico y orientados a la comprensión de procesos fisiológicos y patológicos complejos.

Necesidades y problemas genéricos:

- Desarrollo de software orientado al diagnóstico temprano y la comprensión de los procesos patológicos de enfermedades neurodegenerativas
- Desarrollo de estrategias de monitoreo no invasivo de pacientes en estado crítico.
- Desarrollo de nuevos paradigmas de atención en salud basado en el manejo de datos clínicos de pacientes en ambientes hospitalario y domiciliarios.

### **Biomateriales**

Incluye el estudio de los materiales utilizados para sustituir parcial o totalmente una función del cuerpo y para la elaboración de dispositivos médicos como instrumental quirúrgico.

Necesidades y problemas genéricos:

- Identificación de necesidades de desarrollo de materiales biocompatibles.
- Caracterización de biomateriales.
- Producción de biomateriales.

### **Biomecánica**

Incluye el desarrollo de software de modelamiento del movimiento humano, dispositivos que permitan reemplazar una parte del cuerpo humano o asistir a personas con discapacidad motriz.

Necesidades y problemas genéricos:

- Desarrollo, diseño y uso de modelos biomecánicos del cuerpo.
- Desarrollo, diseño y uso de software de análisis biomecánico.
- Desarrollo, diseño y uso de equipos de rehabilitación.

### **Ingeniería Clínica**

Incluye las necesidades y problemas relacionados con el desarrollo de protocolos para el análisis, medición y control de equipos médicos; además de la verificación de la normatividad en seguridad hospitalaria.

Necesidades y problemas genéricos:

- Desarrollo, diseño y uso de protocolos de mantenimiento de equipos médicos.
- Calibración de equipos médicos.
- Desarrollo, diseño y uso de protocolos de bioseguridad.
- Evaluación de tecnología médica.

#### **4.2.2 Plan de estudios expresado en créditos**

La versión 3 del plan de estudios del Programa de Bioingeniería, vigente desde el semestre 2010-2 se estructura a partir de las cuatro áreas de formación descritas en el apartado de Ciencias Básicas, Ciencias Básicas de Ingeniería, Ingeniería Aplicada y Sociohumanísticas. Dichas áreas consideran una serie de contenidos conceptuales pertinentes para la formación del futuro Bioingeniero, según las necesidades dentro del contexto nacional e internacional. Los cursos del plan de estudios del programa de Bioingeniería, según el área de formación, se relacionan en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Cursos de Bioingeniería según en área de formación.

<b>FORMACIÓN EN CIENCIAS BÁSICAS</b>	<b>FORMACIÓN EN BÁSICAS DE INGENIERÍA</b>	<b>FORMACIÓN EN INGENIERÍA APLICADA</b>	<b>FORMACIÓN EN SOCIO-HUMANÍSTICA</b>
Álgebra y trigonometría	Informática I	Biomateriales	Lectoescritura
Cálculo diferencial	Informática II	Electrónica Analógica I	Vivamos la Universidad
Química general	Expresión gráfica de ingenieros	Electrónica Analógica II	Formación ciudadana y constitución
Descubriendo la física	Matemática discreta	Bioseñales y sistemas	Bioética
Geometría vectorial	Métodos de Fourier y variable	Teoría de Control I	Electiva socio humanística
Álgebra lineal	Probabilidad y estadística	Electrónica Digital I	Administración
Cálculo integral	Introducción a las ciencias de materiales	Electrónica Digital II	Inglés I

Teniendo en cuenta la modalidad teórico-práctica que existe en los cursos del programa y la necesidad de conocimientos previos necesarios para comprender las asignaturas de la formación en ingeniería aplicada, se propuso que la distribución de carga académica por semestres estuviera estructurada como se muestra en la Figura 1.

La interdisciplinariedad es una forma de generación de conocimiento que cruza los límites tradicionales entre varias disciplinas académicas. Consiste en la integración de las teorías, métodos e instrumentos de varias disciplinas que en el pasado intentaban explicar fenómenos de la realidad por separado y de forma aislada.

En la actualidad, es imposible dejar de lado la interdisciplinariedad en el modelo de aprendizaje de los nuevos profesionales. El diseño del programa de Bioingeniería no es ajeno a esta realidad de incluir métodos tradicionales de interdisciplinariedad y adicionalmente propone la implementación de nuevas estrategias que permitan al estudiante de forma práctica fundir el conocimiento adquirido en varias áreas del conocimiento.

Durante el ciclo básico, que son los primeros 4 semestres del programa, el estudiante adquirirá y reforzará conocimientos en las áreas de ciencias exactas y naturales, socio-humanísticas y algunas básicas de ingeniería. Dichas áreas del conocimiento desarrollarán en el estudiante capacidad de análisis y solución de problemas científicos sin dejar de lado las implicaciones sociales del entorno.

En los siguientes semestres, los conocimientos se enmarcan en las áreas de ingeniería aplicada sin dejar atrás las básicas de ingeniería, las ciencias exactas y naturales y los idiomas. En estos semestres, el estudiante elegirá las asignaturas de su línea de énfasis (ver Figura 2). Es de gran importancia resaltar en este apartado, la estrategia que ha propuesto el programa de Bioingeniería con los proyectos integrativos de semestre PIS. Entre los semestres V a VIII, los estudiantes deberán conformar grupos de estudio de dos o tres estudiantes y realizar un PIS guiado por profesores vinculados al programa y expertos en alguna de las líneas antes descritas. En el PIS, el estudiante afianzará y pondrá en práctica el conocimiento adquirido, con componentes prácticos de diferentes áreas del conocimiento, dándole gran importancia a la interdisciplinariedad. La nota obtenida al final de la realización de los PIS, valdrá el 10% de las materias teórico-prácticas de dichos semestres.

Finalmente, en el último semestre, el estudiante de Bioingeniería deberá realizar una práctica académica en alguna de las siguientes modalidades: Semestre de industria, proyecto de investigación, Trabajo de Grado, Práctica Social o Empresarismo. Este es el paso final que permitirá la inclusión y práctica de la interdisciplinariedad de las áreas del conocimiento en el desarrollo integral del Bioingeniero.

# Diagrama de Prerrequisitos y Correquisitos

Convenciones:

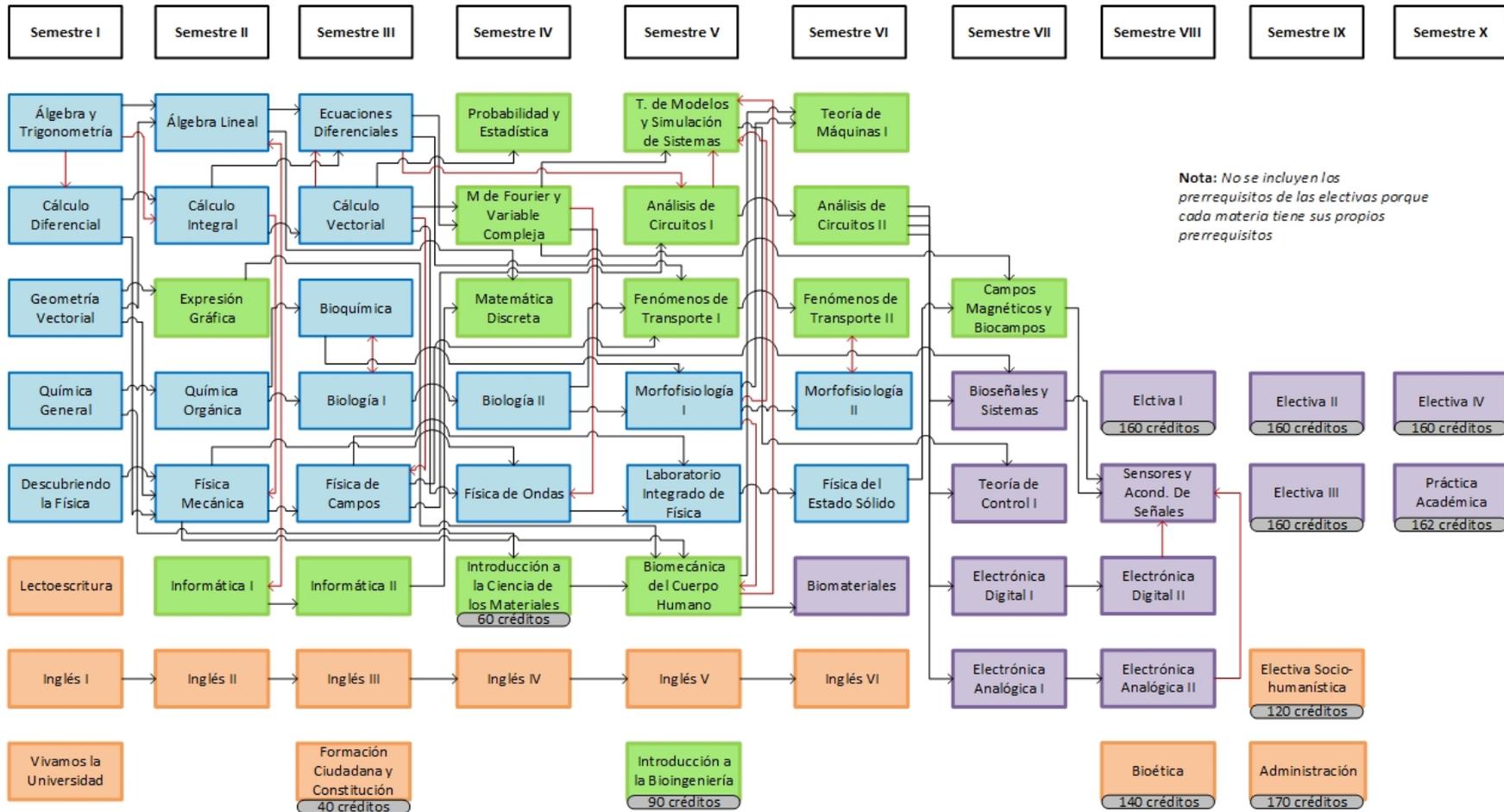
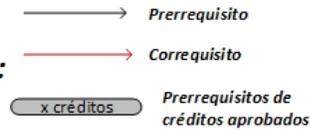


Figura 1. Distribución de asignaturas en el plan de estudios.

# Electivas de profundización

## DE INGENIERÍA

- ▶ Cálculo Vectorial y Tensorial Aplicado
- ▶ Teoría de Máquinas II
- ▶ Teoría de Control II

## BIOMATERIALES

- ▶ Diseño de prótesis y órtesis
- ▶ Formulación y producción de nuevos biomateriales
- ▶ Comportamiento de los biomateriales
- ▶ Ensayos biológicos para biomateriales

## INGENIERÍA CLÍNICA

- ▶ Normas Técnicas Hospitalarias
- ▶ Gestión de recursos técnico hospitalarios
- ▶ Bioinstrumentación Electrónica
- ▶ Instrumentación Biomecánica
- ▶ Ingeniería de software
- ▶ Metrología Biomédica
- ▶ Ingeniería de software

## BIOINSTRUMENTACIÓN Y PROCESAMIENTO DE SEÑALES

- ▶ Sistemas Embebidos
- ▶ Bioinstrumentación Electrónica
- ▶ Instrumentación Biomecánica
- ▶ Procesamiento digital de señales
- ▶ Introducción a la Bioinformática
- ▶ Procesamiento digital de imágenes
- ▶ Teoría de la información

## BIOMECÁNICA

- ▶ Biomecánica del cuerpo humano II
- ▶ Dinámica de Fluidos Computacional
- ▶ Biomecánica Cardiovascular
- ▶ Introducción a la Inteligencia Artificial
- ▶ Robótica

**Figura 2.** Asignaturas de su línea de énfasis.

En Tabla 5, se resumen los datos del plan de estudios del Programa de Bioingeniería Universidad de Antioquia versión 3.

En la Tabla 6 se detalla el plan de formación para el programa de Bioingeniería. Para cada materia se detalla el código, el semestre al cual pertenece, el número de créditos (C), horas teóricas (T), horas prácticas (P), los prerrequisitos y correquisitos.

**Tabla 5.** Resumen de datos del plan de estudios del Programa de Bioingeniería Universidad de Antioquia versión 3.

<b>TOTAL DE CRÉDITOS ACADÉMICOS DEL PROGRAMA</b>	<b>203</b>
Créditos Obligatorios	183
Créditos electivos	20
Número de semanas período lectivo	16
<b>Créditos de ciencia básica</b>	78
<b>Créditos Ciencias básicas de ingeniería</b>	61
<b>Créditos Ingeniería aplicada</b>	48
<b>Créditos Socio-humanísticas</b>	16
Número de cursos en inglés	6
<b>La evaluación de los cursos es cuantitativa a excepción de las asignaturas: Formación Ciudadana y Constitución y la Práctica Académica que son cualitativas</b>	

**Tabla 6.** Plan de formación para el programa de Bioingeniería versión 3.

CÓDIGO	ASIGNATURA	T	P	C	PRERREQUISITOS	CORREQUISITOS	NIVEL
2555100	Álgebra y Trigonometría	4	0	4			1
2555130	Cálculo Diferencial	4	0	4		2555100	1
2555120	Geometría Vectorial y Analítica	4	0	4			1
2522117	Química General	3	3	4			1
2536100	Descubriendo la Física	4	0	4			1
2539100	Lectoescritura	4	0	4			1
2538100	Ingles I	4	0	0			1
2537100	Vivamos la Universidad	2	0	0			1
2555220	Álgebra Lineal	4	0	4	2555100 - 2555120	2523121	2
2555230	Cálculo Integral	4	0	4	2555130	2555100	2
2522217	Química Orgánica	3	3	4	2522117		2
2536200	Física Mecánica	4	0	4	2555130 - 2536100 - 2555120	2555230	2
2523121	Informática I	3	3	4		2555220	2
2543174	Expresión Gráfica para Ingenieros	2	2	3	2555120		2
2538200	Ingles II	4	0	0	2538100		2
2547300	Ecuaciones Diferenciales	4	0	4	2555230 - 2555220	2555330	3
2555330	Cálculo Vectorial	4	0	4	2555230 - 2555120		3
2522317	Bioquímica	3	3	4	2522217	2529320	3
2529320	Biología I	3	3	4	2522217	2522317	3
2536310	Física de Campos	4	0	4	2536200	2555330	3
2523122	Informática II	3	3	4	2523121		3
2517350	Formación Ciudadana y Constitución	2	0	0	40 créditos cursados		3
2538300	Ingles III	4	0	0	2538200		3
2523408	Métodos de Fourier y Variable compleja	4	0	4	2547300 - 2555330		4
2529420	Biología II	3	3	4	2529320		4
2523416	Introducción a las Ciencias de los Materiales	3	3	4	2522117, 60 créditos aprobados		4
2536300	Física de Ondas	4	0	4	2536200 - 2555330	2523408	4
2535330	Probabilidad y estadística	4	0	4	2555330		4
2521304	Matemática Discreta	4	0	4	2555220 - 2523122		4
2538400	Ingles IV	4	0	0	2538300		4
2523504	Fenómenos de Biotransporte I	3	3	4	2536310 - 2547300 - 2529420		5
2523517	Teoría de Modelos y Simulación de Sistemas	3	3	4	2523408	2523508 - 2526520 - 2523512	5
2526520	Morfofisiología I	3	3	4	2522317 - 2529420		5

2523508	Biomecánica del Cuerpo Humano	3	3	4	2543174 – 2523416 - 2536200	2526520	5
2523512	Análisis de Circuitos I	3	3	4	2536310	2547300	5
2536502	Laboratorio Integrado de Física	0	6	2	2536300 - 2536310		5
2523505	Introducción a la Bioingeniería	1	2	2	90 créditos aprobados		5
2538500	Ingles V	4	0	0	2538400		5
2523604	Fenómenos de Biotransporte II	3	3	4	2523504	2526620	6
2526620	Morfofisiología II	3	3	4	2526520	2523604	6
2523608	Biomateriales	3	3	4	2523508		6
2523612	Análisis de Circuitos II	3	3	4	2523512		6
2547415	Física del Estado sólido	4	0	4	2536502		6
2523716	Teoría de Máquinas I	3	3	4	2523508	2526520	6
2538600	Ingles VI	4	0	0	2538500		6
2523705	Bioseñales y Sistemas	3	3	4	2523408 - 2523612		7
2523720	Teoría de Control I	3	3	4	2523517 - 2523612		7
2523708	Electrónica Analógica I	3	3	4	2523612		7
2523712	Electrónica Digital I	3	3	4	2523612		7
2523616	Campos Electromagnéticos y Biocampos	4	0	4	2523408 - 2547415		7
2523804	Sensores y Acondicionamiento de Señales	3	3	4	2523705-2523616	2523808 - 2523812	8
2523808	Electrónica Analógica II	3	3	4	2523708		8
2523812	Electrónica Digital II	3	3	4	2523712		8
2523724	Bioética	4	0	4	140 créditos aprobados		8
	Electiva de Profundización I	4	0	4			8
2523905	Administración	4	0	4	170 créditos aprobados		9
	Electiva de Profundización II	4	0	4			9
	Electiva de Profundización III	4	0	4			9
	Electiva Socio-humanística	4	0	4	120 créditos cursados		9
	Práctica Académica	0	4	0	162 créditos aprobados		10
	Electiva de Profundización IV	4	0	4			10
	Total créditos	203					

La versión 4 del plan de estudios donde se siguen los nuevos lineamientos del Ministerio de Educación frente a los créditos en concordancia con el tiempo de acompañamiento docente y el trabajo independiente empezará a regir desde el semestre 2018-1.

### 4.2.3 Estrategias para el desarrollo de los principios curriculares

Los siguientes son los elementos que están presentes en el desarrollo de todos los procesos curriculares del Programa de Bioingeniería.

*Flexibilidad curricular, pedagógica y didáctica:* la flexibilidad curricular busca que su estructura sea dinámica, permanentemente abierta a los cambios, modificable a todo nivel; con el objetivo final de adecuarse y producir avances en la construcción del conocimiento científico y tecnológico. La flexibilidad pedagógica facilita la formación integral del estudiante haciéndolo autónomo a lo largo de su vida cotidiana, universitaria y profesional; estimulando el placer de pensar, la interiorización y construcción del conocimiento en tanto este conlleva efectividad, cognición y sensibilidad. La flexibilidad didáctica fomenta la participación del estudiante en la elaboración de sus estrategias de aprendizaje y su plan de formación, tanto en lo temporal como en lo espacial. Así, el programa académico posibilita múltiples elecciones temáticas; proyectos personales o institucionales, en los cuales, los estudiantes, puedan participar.

*Formación integral:* la formación de la personalidad de las nuevas generaciones es el fin de todo acto educativo; por ello, toda transformación curricular necesita, en primera instancia, garantizar por encima de cualquier tendencia profesionalizante, la constitución de un ciudadano ético, consciente, autónomo, comprometido con el país y con la región. Para ello debe introducirse diversas estrategias, que se desarrollen transversalmente en el currículo; aspectos como: el fomento de la creatividad, del sentido de la responsabilidad, de la posibilidad del desarrollo de las aspiraciones individuales, respeto por la diferencia, del desempeño ético de la profesión y el cuidado por el ambiente, entre otros.

*Interdisciplinariedad:* la interdisciplinariedad promueve una concurrencia de saberes, haciéndose necesario un diálogo permanente entre ellos para encontrar solución a diversos problemas y satisfacer las necesidades sociales en busca del desarrollo humano.

*Inclusión:* Tiene como propósito fomentar la inclusión y permanencia de las personas que presentan habilidades personales o condiciones culturales diferentes al promedio de la población. Entre las acciones que se han desarrollado, se resaltan los programas y servicios de tutorías, mejoramiento de la infraestructura física, acceso a la información, bienestar estudiantil, capacitación docente y fomento a la participación de la comunidad universitaria.

*Habilidades comunicativas:* la expresión oral y la escucha, la lectura y la escritura, así como la formación artística son esenciales en la formación integral del estudiante. En procura de la universalidad del ingeniero, el currículo debe contemplar el aprestamiento en la comprensión oral y escrita en la lengua materna y, por lo menos, en un idioma extranjero. Así mismo, debe impulsar la incorporación de destrezas para el acceso a la información.

*Habilidades investigativas:* El trabajo de carácter investigativo supone un currículo que integra creativamente las dimensiones teórica y práctica de la ciencia, no asumiéndola como una simple suma de momentos teóricos y prácticos, como se efectúa actualmente; en lo que viene, el saber y el hacer necesitan integrarse. El objetivo de esta integración es que

el estudiante además de poder trasladar a la cotidianidad lo formalizado en la Universidad, también sea capaz de cualificar técnicamente lo que hace en su vida diaria.

#### 4.2.4 Estrategias materiales para el desarrollo de los principios curriculares

Actualmente el Programa de Bioingeniería cuenta con la infraestructura física (Tabla 7) en cuanto a aulas y equipos de cómputo, perteneciente a la Facultad de Ingeniería, con los cuales se apoya la labor docente en el Programa. Es importante resaltar que se cuenta con dos salas de video conferencia, que han permitido la realización de cursos virtuales. En la Facultad de Medicina se cuenta con el laboratorio de Morfología y el laboratorio de simulación. Por su parte en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales se cuenta con los laboratorios de física, química y biología.

**Tabla 7.** Infraestructura física y de equipos de cómputo de la Facultad de Ingeniería.

ITEM	CANTIDAD
<b>Aulas sencillas</b>	7
<b>Aulas con videobeam y PC</b>	57
<b>Salas de dibujo</b>	2
<b>Auditorios con videobeam y torre de medios</b>	3
<b>Auditorios con videobeam y sistema de sonido</b>	1
<b>Salas de computo (290 PC en total)</b>	11
<b>Equipos de consulta (Estaciones)</b>	25
<b>Puestos de trabajo con acceso a red inalámbrica</b>	130 para 4 personas
<b>Salas de videoconferencia</b>	2

El Programa cuenta con dos laboratorios el de Bioinstrumentación que ocupa un espacio de 67,21 m<sup>2</sup> y está distribuido en tres espacios, uno para el desarrollo de los laboratorios, otro para el desarrollo de proyectos y un tercero para la administración y almacenamiento de componentes electrónicos. El espacio para prácticas del laboratorio con capacidad para 16 estudiantes, tiene un área de 29,6 m<sup>2</sup>, está dotado con ocho bancos de trabajo; el espacio para proyectos cuenta con un área de 21,6 m<sup>2</sup> con una capacidad de alojamiento de 12 estudiantes y con cuatro bancos de trabajo; mientras que el espacio de administración dispone de un área de 12,8 m<sup>2</sup>. Además, está el laboratorio de Biomateriales que ocupa un espacio de 83 m<sup>2</sup>, donde hay una zona para el almacenamiento de reactivos e insumos del laboratorio de 10 m<sup>2</sup> y el espacio restante es utilizado para la realización de laboratorios y de proyectos de investigación. Tiene una capacidad para 16 estudiantes.

El Programa de Bioingeniería cuenta con el apoyo del sistema de Bibliotecas de la Universidad el cual agrupa 19 Bibliotecas en total, con 2400 millones ejemplares entre libros, revistas impresas y electrónicas y bases de datos. Todas las bibliotecas tienen un mismo direccionamiento estratégico, basado en un modelo administrativo sistémico abierto, participativo a todos los niveles, y de permanente interacción con el medio académico y cultural local y nacional. Por lo cual los estudiantes del Programa tienen acceso a todos los recursos bibliográficos físicos y virtuales, además pueden solicitar material bibliográfico y son informados permanentemente de las nuevas adquisiciones de la biblioteca. Los docentes del Programa también pueden hacer solicitud para compra de material

bibliográfico, lo que ha aumentado la cantidad de textos disponibles en el área de la Bioingeniería.

Se cuenta con la posibilidad de préstamo interbibliotecario con diferentes bibliotecas del Departamento y con los convenios internacionales para intercambio de artículos con instituciones tales como la Universidad de la Rioja (Base de Datos DIALNET), British Library, Bireme e Isteck Liblink (iberoamericano). La información bibliográfica existente puede consultarse en el catálogo público OPAC <http://opac.udea.edu.co>

La biblioteca también ofrece acceso a las bases de datos multidisciplinarias, en las cuales es posible encontrar información sobre Ingeniería, Ciencia y Tecnología, Medicina y Ciencias Básicas; con artículos, capítulos de libros y libros en texto completo. Las bases de datos útiles para la Bioingeniería con las que cuenta la Biblioteca son: *Academic One File, Acces Engineering, ACM Digital Library, ACS Publications (American Chemical Society), Agora, AIP (American Institute of Physics) – SCITATION, ASTM (American Society for Testing and Materials), Blackwell Reference Online, Cambridge Journal Online, ChemNetBase, Current Contents, Dialnet, Doaj, E-brary, Ebsco, E-libro, EngNetbase, Eric, Gartner, Global Books In Print, Hapi Online, HINARI, ICONTEC, IEEE Explore, Informe Académico, IOP (Institute Of Physics), Journal Scitation Report, Jstor, Knovel, MD Consult, Multilegis, Notinet, OCDE, OVID, Oxford Scholarship Online, Pearson, PhysicsNetBase, PubMed, Science Direct, Scopus, Springer, Taylor & Francis, Ulrichs Web, Vlex, Web Of Science - Arts & Humanities, Wiley InterScience, Wilson.*

El Centro de Documentación de Ingeniería "Fabio Ramírez Ocampo" –CENDOI-, es una unidad de información especializada, su labor documental consiste en la búsqueda, recuperación y obtención de información científica que apoye al desarrollo de la investigación en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia.

El Centro de Documentación promueve y facilita el acceso a la información mediante la búsqueda, adquisición, organización y difusión de información especializada en las áreas de la ingeniería que se desarrollan en la Facultad, actuando según su filosofía y estatutos, en el marco de los principios generales de la Universidad de Antioquia. Su objetivo es ofrecer servicios de información sobre fuentes de consulta para el desarrollo de las actividades académicas.

El Centro de Documentación posee 15 mesas con tomas de energía habilitados para la conexión de equipos portátiles, así mismo cuenta con red inalámbrica para acceso a internet. El centro está dotado para un total de 90 usuarios, quienes pueden disponer de 45 equipos portátiles destinados para préstamo, así mismo, pueden utilizar las instalaciones para el uso de sus propios computadores y para la consulta de material bibliográfico. Siendo posible acceder a bases de datos especializadas, tesis, proyectos de grado de pregrado, posgrado y extensión. Además de más de 1500 revistas especializadas en temas afines y más de 2000 libros especializados. Se tiene también acceso a todos los libros, periódicos y boletines que albergan una recolección del patrimonio histórico de la Facultad.

Se han establecido convenios con otros grupos de investigación de las Facultades de Medicina, Ciencias Exactas y Naturales y Odontología, lo cual posibilita labores

académicas y de investigación. A nivel internacional existen convenios con prestigiosas universidades como:

- Instituto Superior de Ingeniería Franche-Comte (ISIFC), Besançon, Francia.
- Centro de Investigación en Ingeniería Biomédica de la Universidad Politécnica de Cataluña (CREB-UPC), Barcelona, España.
- Universidad de Sevilla, España.
- Universidad de Purdue, Estados Unidos.
- Universidad de Northeastern, Estados Unidos

La Universidad dispone de un amplio sistema de comunicación e información, que fue creado mediante el Acuerdo Superior N° 148 del 10 de agosto de 1998. El sistema de comunicaciones de la Universidad ha consolidado una red de medios ALMA MATER, cuyos principales productos son la página web, el periódico el Alma Mater que se difunde de manera mensual en los principales periódicos del país, la Agenda Cultural, la Revista Debates y la Revista Universidad de Antioquia; también está la emisora Cultural y la Radio ALTAIR y el Canal U. Además, se cuenta con el sistema de carteleras actualizado permanentemente por el programa de “Guías Culturales”.

La Facultad de Ingeniería tiene una dependencia de Comunicación que se encarga de manejar toda la información interna y externa de la Facultad, utilizando medios como el internet desde el portal de la Facultad, el periódico Ingeniemos, el Boletín Ingeniemos y un Programa de televisión transmitido por el canal Televida llamado Ingeniemos, donde se presentan los diferentes desarrollos gestados al interior de la Facultad. Además, se cuenta con un sistema de carteleras y la Revista de la Facultad de Ingeniería.

El Programa de Bioingeniería, usa todo el sistema de información y comunicación de la Universidad y la Facultad; además dispone de un sitio web (<http://bioingenieriaudea.com.co/>) y de carteleras ubicadas en la secretaria y en los laboratorios del programa para ofrecer a los estudiantes, egresados, profesores y público en general información más detallada del Programa. Se vale además de las redes sociales con un perfil y fan page en Facebook (Bioingeniería Universidad de Antioquia) y en linkedin para difundir la información; además los grupos de investigación por su parte cuentan con una página web que permanentemente está actualizando información de carácter investigativa referente a los mismos (<http://www.gibicgroup.com/> y <http://biomaterialesudea.com.co/>).

#### **4.2.5 Uso de TIC para el desarrollo de los contenidos curriculares**

El 100% de las asignaturas del Programa de Bioingeniería, los profesores utilizan TICs como apoyo para dictar sus cursos. Actualmente el Programa de Bioingeniería cuenta con dos cursos, Introducción a la Ciencia de los Materiales y Biomateriales que, siendo presenciales, tienen como apoyo la utilización de la plataforma Moodle de la Universidad de Antioquia; en ella los estudiantes tienen documentos y material de trabajo para el desarrollo del curso y realizan actividades como foros, chat entre otros.

En el 2015 la Universidad contrató con la empresa Google el manejo de correo institucional por el cual cada docente tiene una dirección de correo electrónico con dominio @udea.edu.co con capacidad de almacenamiento de 10 TB, este servicio ofrece también la

herramienta “classroom” mediante la cual los docentes pueden compartir documentos, programar actividades con fecha y hora de entrega, controlar la entrega de trabajos; una vez el docente crea una nueva actividad (clase, trabajos) le envía al grupo un código con el cual el estudiante puede acceder al material de la clase y mantenerse al tanto de las actividades programadas.

Respecto a los cursos virtuales, estos se han utilizado como estrategia para implementar las TICs y también para suplir la falta de espacios físicos para el desarrollo de asignaturas presenciales. La Facultad de Ingeniería ha venido haciendo grandes esfuerzos para mejorar los procesos de las materias ofrecidas virtualmente a través del Programa Ude@, de tal manera que se tienen plataformas especiales de trabajo, material didáctico, se ofrecen capacitaciones a los docentes y estudiantes; no obstante, es esencial continuar mejorando esta plataforma para generar una cultura de aprendizaje en los estudiantes con otros modelos de enseñanza. Actualmente se ofrecen diversos cursos de ciencia básica que son semipresenciales y los del ciclo de inglés para ingenieros. La Facultad de Ingeniería ha iniciado la implementación de un proyecto que incluye la destinación de salas especiales que facilitarán a todos los estudiantes de la Facultad su participación en los cursos virtuales; además se han buscado nuevas plazas docentes para atender los problemas de los programas virtuales.

#### **4.2.6 Formación para la investigación**

Desde su creación el Programa de Bioingeniería se basó en un modelo pedagógico que permitiera al alumno ser protagonista de su proceso formativo. En la actualidad la Facultad de Ingeniería se encuentra realizando un proceso de transformación del currículo con objetivos similares, donde el estudiante es un sujeto activo con capacidad de resolver problemas y construir conocimiento a través de la investigación. También espera hacer del docente un orientador y guía que cree ambientes estimulantes, brinde experiencias prácticas y permita el desarrollo de las capacidades del estudiante, para contribuir a resolver los problemas y satisfacer las necesidades de la sociedad. Los métodos de enseñanza se orientan hacia aprendizajes que orienten el auto-estudio, que permitan la participación activa de los estudiantes, a la realización de talleres de discusión, a desarrollar trabajos prácticos sobre el tema, entre otros. Se deben plantear estrategias didácticas que permitan la implementación de metodologías activas del aprendizaje. La investigación es un pilar fundamental de la transformación curricular, fortalecerla es propiciar la participación cada vez mayor de estudiantes y profesores, buscar con ella el trabajo por grupos, por líneas y en áreas. Involucrar a los estudiantes en la investigación, incorporando la investigación a los cursos y promoviendo la participación de los estudiantes en los proyectos de investigación.

Dentro de las modalidades de práctica académica están el trabajo de grado y el proyecto de investigación, ambas tienen como objetivo solucionar a través de la investigación un problema propio de la Bioingeniería. En la primera la idea es del estudiante quien es dueño de la propiedad intelectual del mismo, en la segunda es un grupo de investigación a través de un proyecto quien direcciona al estudiante. Entre el año 2010 y 2015 el 12 % de los estudiantes realizaron trabajo de grado y el 23% proyecto de investigación; estas modalidades aún están en desventaja con el semestre de industria por ser una manera más directa de adquirir experiencia laboral; no obstante es una alternativa que los estudiantes contemplan por el fuerte componente investigativo y de innovación que tiene el programa y

que les puede servir en su primer empleo o en el caso de que opten por continuar su formación a nivel de posgrado.

Todos los docentes de tiempo completo del Programa de Bioingeniería participan de las actividades de los grupos de investigación adscritos al Programa. Los estudiantes, a su vez, pueden participar de las actividades del grupo, tales como semilleros, proyectos de investigación y proyectos integrativos de semestre.

El Programa cuenta con dos grupos de investigación, que se enuncian a continuación, donde se presentan los objetivos de cada uno y las respectivas líneas de investigación.

**Grupo de Investigación en Biomateriales BIOMAT. Reconocido por Colciencias. Creado en 2003.**

**Objetivo**

Realizar un trabajo integral de generación y aplicación de conocimientos relacionados con el desarrollo, procesamiento, comportamiento y aplicación de los biomateriales, que mejore la calidad de vida para la población colombiana.

**Líneas de Investigación**

- Desarrollo, procesamiento y caracterización de biomateriales biocerámicos
- Comportamiento mecánico de los biomateriales
- Síntesis, caracterización y aplicación de materiales cerámicos tipo fosfatos de calcio y biovidrios
- Desarrollo, procesamiento y caracterización de andamios (scaffolds) para ingeniería de tejidos
- Desarrollo, procesamiento y caracterización de biomateriales porosos para reemplazo de hueso
- Modificación superficial de los biomateriales cerámicos y poliméricos
- Extracción y procesamiento de polímeros naturales

Página web: <http://www.biomaterialesudea.com.co>

**Grupo de Investigación en Bioinstrumentación e Ingeniería Clínica GIBIC. Categoría A1 Colciencias. Creado en 2005.**

**Objetivo**

Desarrollar, implementar y adaptar metodologías y herramientas de la ingeniería para el uso adecuado de la tecnología en las disciplinas biológicas y médicas con el fin de mejorar la calidad de los servicios asistenciales.

**Líneas de Investigación**

- Bionanotecnología
- Desarrollo instrumentación biomédica
- Gestión de tecnología Biomédica
- Modelado y simulación de sistemas biomédicos
- Procesamiento digital de señales e imágenes biológicas y médicas

Página web: <http://www.gibicgroup.com>

#### **4.2.7 Extensión, prácticas y proyección social**

Las políticas de la Universidad en materia del compromiso con las necesidades del medio, están reglamentadas mediante el Acuerdo Superior N° 125 del 29 de septiembre de 1997, donde se establece que la extensión, es parte de la Misión Institucional, y que deberá articularse con la docencia y la investigación. Además, que las dependencias universitarias desarrollarán programas y proyectos de extensión relacionados con las áreas del saber que administran, y que por su trayectoria puedan ofrecer propuestas o soluciones a problemas y a situaciones del medio. La Universidad creó el Programa de gestión Tecnológica y participó en la conformación de la Unidad de Emprendimiento Empresarial, con las cuales se logra interactuar con la sociedad.

La Facultad de Ingeniería por intermedio del CIA y el CESET, articula las actividades de relación con el entorno, tales como asesorías, consultorías, investigación aplicada en empresas, educación continua por medio de cursos, seminarios y diplomados; las practicas académicas y los proyectos de investigación. El Programa de Bioingeniería participa en dichas actividades de manera activa.

En el plan de desarrollo de la Universidad de Antioquia 2006-2016 está plasmado cómo la interacción Universidad-Sociedad es un tema estratégico de trabajo. El sentido de las instituciones de educación superior está en relación con la proyección del conocimiento a la sociedad, máxime si se trata de instituciones de carácter público. Es así como existe entre los docentes y estudiantes del Programa de Bioingeniería una conciencia de la necesidad de establecer vínculos apropiados con las empresas y la sociedad, siendo crucial la proyección social que pueda tener el Programa. Los estudiantes son concientizados a través de las diferentes asignaturas del importante papel que juegan en la sociedad, además tienen la asignatura Teoría del Desarrollo Social cuyo objetivo es “ Proporcionar a los estudiantes de Bioingeniería un espacio de estudio, análisis, acción y reflexión profunda en torno al Desarrollo social, que contribuya a visualizar su proyección profesional para la construcción de una sociedad más justa”; afianzando en los estudiantes el concepto de cómo desde sus proyectos académicos pueden transformar la realidad social y además como pueden contribuir a la generación y aplicación de nuevos conocimientos y tecnologías en el país.

Una de las modalidades de la práctica académica es la práctica social, con la cual los estudiantes se pueden enfrentar a las problemáticas actuales, en sectores vulnerables y menos favorecidos de la sociedad; con el objetivo de ofrecer respuestas a dichas problemáticas y aportar desde su saber a la solución. No obstante, aún es crucial incentivar el desarrollo de prácticas académicas por parte de los estudiantes con mayor proyección social.

La modalidad semestre de industria se ha convertido en un aporte del Programa a la sociedad, desde el año 2010 al 2015 el 65% de las practicas han sido en esta modalidad, además de ser un espacio de desarrollo de habilidades de los estudiantes y de contacto directo con los empleadores, el impacto social que han tenido estos proyectos es bastante significativo, debido a que se tiene un reconocimiento en el medio como un Programa que

desarrolla proyectos de extensión. Además, se resalta el hecho de que los proyectos desarrollados por los estudiantes en sus semestres de industria, se constituyen en respuestas eficientes a los problemas de las empresas del sector.

#### **4.2.8 Internacionalización del currículo**

Los convenios establecidos por el Programa han propiciado la interacción académica de los profesores y de cooperaciones mutuas entre instituciones universitarias y centros de investigación a nivel nacional e internacional. En los últimos cinco años tres profesores de tiempo completo han realizado pasantías en comunidades académicas internacionales, en instituciones en España, Estados Unidos, Holanda e Inglaterra; para diversos fines: celebración de convenios, realización de proyectos de investigación, participación en cursos de capacitación y docencia de cursos.

Con relación a los convenios establecidos por la Universidad que garanticen la movilidad estudiantil, se debe destacar inicialmente el convenio para intercambio estudiantil, denominado Sígueme, vigente desde el año 2000, que permite realizar un semestre académico en 10 universidades del país, sin ningún costo adicional al de la matrícula que normalmente paga en la Universidad de Antioquia. A nivel internacional, en la Facultad de Ingeniería se han firmado diversos convenios de intercambio con Universidades como ENIM en Francia y el Politécnico de Turín en Italia, además existe el programa de pasantías en Alemania financiada por el DADD y un convenio para aprovechamiento de créditos con la Universidad de São Paulo en Brasil, específicamente con la Escola Politécnica, para mayor información sobre los convenios se puede observar la Tabla 8, los cuales están reglamentados por Acuerdo de Facultad N°632 de 2015. En la Universidad existe la política de movilidad estudiantil, para lo cual la Universidad ha firmado convenios con instituciones en todo el mundo a partir de convenios Marco, cuando se requiera realizar un convenio específico las partes realizan un acuerdo con el apoyo del Programa de Internacionalización de la Facultad.

**Tabla 8.** Convenios con otras universidades.

CONVENIOS DE COOPERACIÓN ACADÉMICA						
País	Nombre entidad	Objeto	Programas	Posibles apoyos	Logros y resultados	Vigencia
Alemania	Servicio alemán de Intercambio Académico DAAD. <a href="https://www.daad.de/en/">https://www.daad.de/en/</a>	Intercambio académico. Programa Jóvenes Ingenieros	Todas las ingenierías	Beca completa (6 becas)	Desde el 2010 han participado 5 estudiantes de Bioingeniería de esta beca. Todos ya graduados	3 octubre de 2012 a 3 de octubre 2017
	Universidad Técnica de Munich <a href="http://www.international.tum.de/en/home/">http://www.international.tum.de/en/home/</a>	Intercambio académico pregrado y posgrado, pasantía de Investigación (Docentes e investigadores), visitas académicas (Docentes).	Todas las ingenierías	1/2 beca (segundo semestre del año). Para aplicar a un único apoyo (posible) de la Universidad de Antioquia, remitirse al portal de la UdeA /Internacional/Trámites/Apoyos económicos.	Desde el 2010 ha participado 1 estudiante de Bioingeniería	15 de abril de 2013 a 18 de noviembre de 2018
Argentina	Universidad Nacional de la Plata <a href="http://www.unlp.edu.ar/">http://www.unlp.edu.ar/</a>	Programas de cooperación, proyectos de investigación. Intercambio académico.	Todas las ingenierías	ICETEX, Becas Santander. Para aplicar a un único apoyo (posible) de la Universidad de Antioquia, remitirse al portal de la UdeA /Internacional/Trámites/Apoyos económicos.	No ha habido estudiantes que hayan participado	Renovación en trámite. Se venció en diciembre de 2014

	<p>Universidad Nacional de Córdoba  <a href="http://www.unc.edu.ar/">http://www.unc.edu.ar/</a></p>	<p>Intercambio de estudiantes de pregrado y posgrado, proyectos de investigación conjunta y tutorías académicas a estudiantes de pregrado y posgrado, compartir e intercambiar recursos, campos de práctica, experiencias y estudios, facilitar actividades investigativas a los estudiantes de posgrado, publicaciones conjuntas e intercambio de material didáctico y bibliográfico.</p>	<p>Ambiental, Electrónica, Química, Civil, Sistemas, Mecánica, Industrial, Bioingeniería</p>	<p>ICETEX.          Para aplicar a un único apoyo (posible) de la Universidad de Antioquia, remitirse al portal de la UdeA          /Internacional/Trámites/Apoyos económicos</p>	<p>No ha habido estudiantes que hayan participado</p>	<p>03 de abril de 2013          a          03 de abril de 2018</p>
<b>Brasil</b>	<p>Escuela Politécnica de la Universidad de Sao Paulo (USP) <a href="http://www5.usp.br/">http://www5.usp.br/</a></p>	<p>Intercambio de docentes/investigadores, estudiantes de posgrado, estudiantes de pregrado, y miembros del equipo técnico-administrativo.</p>	<p>Todas las ingenierías</p>	<p>ICETEX, Becas Santander.          Para aplicar a un único apoyo (posible) de la Universidad de Antioquia, remitirse al portal de la UdeA          /Internacional/Trámites/Apoyos económicos</p>	<p>Desde el 2010 han participado 6 estudiantes de pasantía. 4 ya graduados, 1 está terminando proyecto de investigación en Colombia y uno está activo en Brasil</p>	<p>Renovación en trámite. Se venció en octubre de 2015</p>
	<p>Universidad Federal de Rio de Janeiro (UFRJ) <a href="http://www.ufrj.br/">http://www.ufrj.br/</a></p>	<p>Investigación, Intercambio de estudiantes, personal administrativo y docente, intercambio de material académico, organización conjunta de eventos académicos</p>	<p>Bioingeniería, Química, Civil, Ambiental, Sanitaria, Eléctrica, Sistemas, Materiales, Industrial, Mecánica, Electrónica</p>	<p>ICETEX, Becas Santander.          Para aplicar a un único apoyo (posible) de la Universidad de Antioquia, remitirse al portal de la UdeA          /Internacional/Trámites/Apoyos económicos</p>	<p>No ha habido estudiantes que hayan participado</p>	<p>29 de marzo 2012          a          29 de marzo de 2017</p>

<b>EE.UU</b>	Universidad Delaware <a href="http://www.udel.edu/">http://www.udel.edu/</a>	Investigación.	Bioingeniería, Química, Civil, Ambiental, Eléctrica, Sistemas, Materiales, Mecánica	Para aplicar a un único apoyo (posible) de la Universidad de Antioquia, remitirse al portal de la UdeA /Internacional/Trámites/Apoyos económicos	No ha habido estudiantes que hayan participado	Renovación en trámite. Se vence el 6 de febrero de 2016
	Universidad de Purdue <a href="http://www.purdue.edu/">http://www.purdue.edu/</a>	Intercambio de académicos de corta y larga duración, intercambio de estudiantes de pregrado y posgrado, promoción de investigación conjunta	Bioingeniería, Química, Civil, Ambiental, Eléctrica, Sistemas, Materiales, Industrial	Para aplicar a un único apoyo (posible) de la Universidad de Antioquia, remitirse al portal de la UdeA /Internacional/Trámites/Apoyos económicos	2 docentes han participado de pasantías de corta duración	05 de marzo de 2012 a 05 de marzo de 2017
	Northeastern University <a href="http://www.northeastern.edu/">http://www.northeastern.edu/</a>	Intercambio de personal docente, investigadores y estudiantes, promoción de actividades académicas e investigativas conjuntas, visitas de docentes e investigadores, intercambio de información y publicaciones.	Bioingeniería	Para aplicar a un único apoyo (posible) de la Universidad de Antioquia, remitirse al portal de la UdeA /Internacional/Trámites/Apoyos económicos	2 estudiantes de pregrado de Bioingeniería hicieron parte de un curso de verano realizado en el 2014	06 de diciembre de 2013 a 06 de diciembre de 2018
<b>Francia</b>	Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas INSA - Centre Val de Loire (antes: Escuela Nacional de Ingenieros del Valle del Loira (ENIVL)) <a href="http://www.insa-centrevalde Loire.fr/es/">http://www.insa-centrevalde Loire.fr/es/</a>	1. Programa de doble diploma 2. Intercambio o pasantía, gestión para prácticas empresariales, Intercambio de profesores, investigadores, desarrollo de programas de máster, organización de eventos académicos, proyectos de investigación.	Electrónica, Sistemas, Mecánica, Civil, Industrial, Materiales, Bioingeniería,	COLFUTURO/ENLAZAMUNDOS. Para aplicar a un único apoyo (posible) de la Universidad de Antioquia, remitirse al portal de la UdeA /Internacional/Trámites/Apoyos económicos.	Desde el 2010 han participado 6 estudiantes en doble titulación. 3 Ya se graduaron de ambas universidades. 1 estudiante se graduó en Francia y tiene pendiente en UdeA. 2 estudiantes activos en Francia	1 de septiembre de 2011 a 1 de septiembre de 2016 (Renovación en trámite)

	Universidad Franche-Comté (Besançon) <a href="http://www.univ-fcomte.fr/">http://www.univ-fcomte.fr/</a>	Investigación., Intercambio de docentes y estudiantes, intercambio de material académico, organización de actividades y eventos académicos.	Prácticas bioingeniería	Para aplicar a un único apoyo (posible) de la Universidad de Antioquia, remitirse al portal de la UdeA /Internacional/Trámites/Apoyos económicos	A través de este convenio, un egresado de Bioingeniería logró realizar su maestría en dicha universidad en el 2010.	Renovación en trámite.
	Escuela Nacional de Ingenieros de Metz (ENIM)	Doble titulación. Intercambio de estudiantes, actividades de formación conjunta, desarrollo de programas computación y ejecución de estudios de interés general.	Mecánica, Industrial, Bioingeniería	COLFUTURO/ENLAZAMUNDOS BECA JÓVENES INGENIEROS FRANCIA	Un total de 14 estudiantes han hecho parte de esta doble titulación desde la creación del convenio. Desde el 2010, 7 estudiantes han participado de este. De esos 7, 5 ya se graduaron y 2 están activos en Francia.	22 de mayo de 2012 a 22 de mayo de 2017
<b>Italia</b>	Politecnico di Torino <a href="http://www.polito.it/">http://www.polito.it/</a>	Doble titulación. Intercambio de estudiantes, becarios, investigadores y profesores, información y material académico,.	Todas las ingenierías	COLFUTURO/ENLAZAMUNDOS "EDISU". Para aplicar a un único apoyo (posible) de la Universidad de Antioquia, remitirse al portal de la UdeA /Internacional/Trámites/Apoyos económicos.	Desde el 2010 han participado 14 estudiantes en doble titulación. 9 ya se graduaron de ambas universidades. 3 estudiante están activos en Italia y 2 estudiantes cancelaron semestre.	Marzo de 2015 a Diciembre 31 de 2016
<b>México</b>	Instituto Politécnico Nacional de los Estados Unidos Mexicanos <a href="http://www.ipn.mx/Paginas/inicio.aspx">http://www.ipn.mx/Paginas/inicio.aspx</a>	Intercambio de estudiantes y profesores, organización de eventos académicos, desarrollo de investigación.	Todas las ingenierías	ICETEX, Becas Santander, Alianza del pacífico. Para aplicar a un único apoyo (posible) de la Universidad de Antioquia, remitirse al portal de la UdeA /Internacional/Trámites/Apoyos económicos.	1 Estudiante de pregrado realizará su pasantía este año 2016	15 de febrero 2013 a 15 de febrero de 2018 (Convenio Marco) 15 de mayo de 2013 a 15 de mayo de 2018 (específico para intercambio de estudiantes)

	Universidad Nacional Autónoma de México <a href="https://www.unam.mx/">https://www.unam.mx/</a>	Investigación, intercambio de información y documentación, intercambio de profesores e investigadores, movilidad estudiantil de pregrado y posgrado.	Todas las ingenierías	ICETEX, Becas Santander, Alianza del pacífico. Para aplicar a un único apoyo (posible) de la Universidad de Antioquia, remitirse al portal de la UdeA /Internacional/Trámites/Apoyos económicos.	No ha habido estudiantes que hayan participado	28 de noviembre de 2013  a  28 de noviembre de 2018
<b>Países Bajos</b>	Universidad de Groningen	Investigación. Intercambio de Material académico. Intercambio de docentes. Intercambio de estudiantes pregrado. Seminarios, talleres y otras actividades académicas de cooperación.	Bioingeniería	ERASMUS KA+1: Groningen Exchange	1 estudiante de pregrado realizó intercambio académico de 6 meses en el 2016	9 de abril de 2020
<b>Canadá</b>	Conférence des recteurs et des principaux des universités du Québec (CREPUQ) (Conferencia de Rectores de las Universidades de Quebec )	Intercambio de estudiantes en las siguientes universidades de Quebec: U. Bishop's, U Concordia, U. de Laval, U. McGill, U. de Montreal (HEC Montreal - École Polytechnique), U. de Sherbrooke, U. de Québec en: Montreal, Trois-Rivières, Chicoutimi, Rimouski, Outaouais, Abitibi-Témiscamingue.	Todas las ingenierías	Apoyo económico con el departamento de relaciones internacionales	2 Estudiantes de pregrado realizaron intercambio académico de 6 meses en la École Polytechnique de Montréal en 2013	Desde octubre 1997 hasta indefinido
<b>Convenios nacionales</b>	Programa SIGUEME - Participan: -Pontificia Universidad Javeriana (Bogotá, Cali) -Universidad de Antioquia -Universidad de la Sabana -Universidad del Norte -Universidad del Rosario -Universidad del Valle -Universidad EAFIT -Universidad Externado de	Otros convenios: Escuela de Ingeniería de Antioquia. Universidad Nacional. Universidad EAFIT. Universidad Pontificia Bolivariana. Universidad Mariana. Universidad del Quindío. Universidad Santo Tomás-sede Medellín.				

	Colombia -Universidad Nacional de Colombia (Bogotá, Medellín, Manizales y Palmira) -Universidad Pontificia Bolivariana (Medellín, Montería, Bucaramanga)	Universidad de Cartagena.				
--	--	---------------------------	--	--	--	--

#### **4.2.9 Gestión del currículo**

El Programa de Bioingeniería ha acogido los lineamientos de la Facultad y de la Universidad para la transformación curricular. El currículo necesita exhibir pertinencia social, pertinencia académica y universitaria: la pertinencia social, en tanto el currículo responda a la situación social, económica, política y cultural de la región, sin apartarse de las necesidades a nivel nacional e internacional; puesto que la Universidad fue creada por la sociedad y a ella se debe, tiene que contribuir a resolver los problemas sociales cumpliendo así su principal papel, la búsqueda científica del conocimiento.

El currículo tiene una pertinencia académica, en cuanto el currículo seleccione, sistematice y proyecte el legado cultural que el estudiante necesita saber, tanto para resolver los problemas sociales como para aportar a la búsqueda científica del conocimiento; además tiene pertinencia universitaria, en tanto el currículo debe expresar la misión y la visión integral de la Universidad y de la Facultad; se pretende que la pertinencia social y la pertinencia académica planteadas para la Facultad, estén de acuerdo con la misión y visión concebidas para la Universidad.

El proceso de transformación curricular debe ser participativo, es así como en el Programa de Bioingeniería se cuenta con un coordinador de currículo, quien está en constante revisión del currículo y en colaboración con el Comité de Carrera hacen revisiones periódicas, del plan de estudios general y de casos puntuales como prerrequisitos y correquisitos o necesidad de nuevas asignaturas; siempre en aras de hacer dinámico, flexible y actual el plan de estudios.

## **5 EVALUACIÓN Y AUTOEVALUACIÓN**

### ***5.1 Los procesos de evaluación***

La Universidad y en especial la Facultad de Ingeniería han establecido un sistema de evaluaciones por parte de los estudiantes para todos los docentes del Programa, por medio de unas encuestas que deben diligenciar para poder observar las notas parciales de los cursos que tienen matriculados semestralmente; evaluando aspectos como metodología, conocimientos y calidad humana. Los resultados de las evaluaciones pueden ser consultados a través del sistema MARES -Matrícula y Registro Sistematizado-administrado por el Departamento de Admisiones y Registro. En el Programa se han tomado acciones respecto a los docentes que son mal evaluados por los estudiantes, realizando reuniones personalizadas donde se discuten aspectos a tener en cuenta para mejorar la enseñanza, en caso de que no se observe un cambio en la evaluación se ha cambiado el docente, buscando otro que llene los requerimientos del Programa y de los cursos específicos.

Respecto a los egresados la Universidad tiene establecida una política de seguimiento y apoyo a los egresados, desde que en el Artículo 99 del Estatuto General de la Universidad de Antioquia reza que "El egresado constituye una presencia permanente de la Universidad en la sociedad y se compromete, con su desempeño profesional y con su comportamiento personal, a dar testimonio de la misión social y del buen nombre de la institución". Los

egresados no sólo son los representantes y la imagen de la Universidad, también son los sentidos que permiten percibir, comprender, adaptarse y/o adelantarse a las dinámicas de la sociedad; fuente de aprendizaje y agentes dinamizadores de la transformación y el mejoramiento institucional para contribuir al desarrollo social.

El Programa de Egresados fue creado mediante Acuerdo Superior 108 del 3 de marzo de 1997, adscrito a la Vicerrectoría de Extensión. Este programa ha establecido diferentes estrategias de trabajo para acercarse a los egresados, tales como la consolidación del componente relacional mediante espacios de reencuentro de los egresados como una de las principales estrategias del Programa, el fortalecimiento de los medios y las acciones comunicativas en doble vía como estrategia de acercamiento de los egresados a la vida institucional, caracterización, Plataforma tecnológica y actualización de la base de datos de egresados. Permanentemente, en todas las comunicaciones emitidas desde el Programa de Egresados, el boletín Egresados en Red, la página de egresados en el portal Web Universitario, el Facebook y en todos los espacios de reencuentro se invita a los egresados a que actualicen su información, explicándoles la importancia de hacerlo y los pasos que deben seguir.

El Programa de Bioingeniería para julio de 2017 tiene 319 egresados, siendo la primera cohorte de mayo de 2007. La base de datos de los Bioingenieros del Programa está actualizada en cuanto a correo electrónico y teléfono, por lo cual se ha mantenido un contacto permanente con los egresados, donde se les envía constantemente información del Programa y ofertas laborales. No obstante, es necesario con el proceso de recolección de la información sobre su formación académica y empleo actualizados, puesto que no están constantemente renovando la información.

En el Programa se hace un seguimiento de los logros alcanzados anualmente y se ha participado de la formulación del Plan de Acción de la Facultad de Ingeniería, donde se planean estrategias para mejorar la Facultad y el Programa de Bioingeniería. Se ha contado con la participación de los profesores en los distintos estamentos en la definición de políticas y en las decisiones ligadas al Programa por medio de sus diferentes comités y comisiones.

## **5.2 *Los procesos de autoevaluación***

La autoevaluación del programa se encuentra definida desde el Estatuto General de la Universidad, Artículo 16, así: “La autoevaluación, la actualización científica y pedagógica, el mejoramiento continuo de la calidad y la pertinencia social de los programas universitarios, son tareas permanentes de la Universidad y parte del proceso de acreditación. La Institución acoge y participa en el Sistema Nacional de Acreditación”.

La autoevaluación se consagra como uno de sus principios rectores, para cuyo cumplimiento se dispone de estrategias y mecanismos como son los procesos de autoevaluación y acreditación, la evaluación permanente del plan de formación y a la conformación de instancias u organismos encargados de ello, como los Comités de Carrera de los programas y los Comités de Currículo de los programas y Facultades; Núcleos Docentes o de Integración Profesoral, la Reunión de Profesores y las reuniones con estudiantes. Adicionalmente, la Universidad de Antioquia, a través de la Vicerrectoría de

Docencia definió los “Lineamientos para la Autoevaluación de los programas de pregrado” que están acorde con las directrices del Consejo Nacional de Acreditación.

En el Programa existen documentos sobre aplicación de políticas en materia de evaluación y autorregulación del programa académico, tales como los informes de autoevaluación presentados al CNA, las actas de reunión de profesores y Comité de Carrera donde se discuten todos los aspectos relacionados con el avance del plan de mejoramiento, lo cual involucra: los planes de estudio, la dotación de laboratorios, las estrategias didácticas, los proyectos de investigación, los proyectos de extensión, el Plan de Acción Institucional, el Plan de Desarrollo de la Universidad, etc.

El proceso de autoevaluación con fines de acreditación se ha realizado dos veces en el Programa de Bioingeniería uno en el año 2010 con el objetivo de obtener la primera acreditación y el siguiente en el año 2015 para la renovación de la misma. Este proceso ha estado ligado a un plan de acciones mejoradoras donde todos los docentes del Programa han participado de una manera muy comprometida con el objetivo de aumentar la calidad del programa y de continuar fortaleciéndolo en el tiempo; generando procesos académicos que permitan la formación de Bioingenieros más competentes que sean generadores de conocimiento y desarrollen su profesión con ética.