

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA FACULTAD DE INGENIERÍA



PROGRAMA BIOINGENIERÍA 2022

Aprobado por comité de carrera
Caso 162441
Acta 507
10 de octubre de 2022

**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**

2022

TABLA DE CONTENIDO

1	IDENTIFICACIÓN DEL PROGRAMA	4
2	ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL PROGRAMA Y TRADICIÓN.....	5
2.1	HISTORIA DEL PROGRAMA DE BIOINGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA	5
2.2	CAMBIOS EN LAS ESTRUCTURAS CURRICULARES Y ADMINISTRATIVAS	5
2.2.1	<i>Estructura curricular.....</i>	5
2.2.2	<i>Estructura administrativa.....</i>	7
2.3	NORMAS INTERNAS Y EXTERNAS QUE REGULAN LA VIDA DEL PROGRAMA	7
2.3.1	<i>Normas internas</i>	7
2.3.2	<i>Normas externas.....</i>	8
3	ENFOQUE CONCEPTUAL Y CONTEXTUAL DEL PROGRAMA	8
3.1	CONCEPCIONES TEÓRICAS QUE ORIENTAN EL EJERCICIO DE LA PROFESIÓN	8
3.1.1	<i>Misión del Programa.....</i>	8
3.1.2	<i>Visión del Programa.....</i>	9
3.2	PERTINENCIA SOCIAL Y CIENTÍFICA	9
3.3	TENDENCIAS EN EL DESARROLLO DE LA DISCIPLINA	9
3.4	COMPARATIVO CON PROGRAMAS AFINES A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL	10
3.4.1	<i>Referentes nacionales.....</i>	10
3.4.2	<i>Referentes internacionales.....</i>	11
3.5	RASGOS DISTINTIVOS DEL PROGRAMA.....	12
3.6	PERFILES.....	13
3.6.1	<i>Perfil del estudiante.....</i>	13
3.6.2	<i>Perfil del egresado.....</i>	13
3.6.3	<i>Perfil de los docentes.....</i>	15
3.7	COHERENCIA DEL PROGRAMA CON LOS PRINCIPIOS INSTITUCIONALES	18
4	COMPONENTES PEDAGÓGICOS Y CURRICULARES.....	20
4.1	COMPONENTES PEDAGÓGICOS	20
4.1.1	<i>Resultados de Aprendizaje.....</i>	20
4.1.2	<i>Concepción de enseñanza - aprendizaje: fundamentación pedagógica</i>	21
4.1.3	<i>Modalidades y métodos docentes –Didácticas–</i>	23
4.1.4	<i>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</i>	25
4.2	COMPONENTES CURRICULARES	26
4.2.1	<i>Organización de los contenidos curriculares</i>	26
4.2.2	<i>Plan de estudios expresado en créditos</i>	29
4.2.3	<i>Estrategias para el desarrollo de los principios curriculares.....</i>	40
4.2.4	<i>Estrategias materiales para el desarrollo de los principios curriculares</i>	41
4.2.5	<i>Uso de TIC para el desarrollo de los contenidos curriculares.....</i>	43
4.2.6	<i>Formación para la investigación.....</i>	44
4.2.7	<i>Extensión, prácticas y proyección social.....</i>	46
4.2.8	<i>Internacionalización del currículo</i>	48
4.2.9	<i>Gestión del currículo.....</i>	53
5	EVALUACIÓN Y AUTOEVALUACIÓN.....	54
5.1	LOS PROCESOS DE EVALUACIÓN.....	54
5.2	LOS PROCESOS DE AUTOEVALUACIÓN.....	56
6	BIBLIOGRAFÍA	57

1 IDENTIFICACIÓN DEL PROGRAMA

Nombre del programa	Bioingeniería
Código SNIES:	10578
Área de conocimiento principal:	Ingeniería, Arquitectura, Urbanismo y afines
Núcleo básico de conocimiento:	Ingeniería Biomédica y afines
Título que otorga:	Bioingeniero
Duración:	10 semestres
Número de créditos:	183
Norma interna de creación:	Acuerdo académico 0163, marzo 8 de 2000
Registro calificado:	Resolución 2718, 16 de abril de 2010
Plan Estudios:	Acuerdo de Facultad 693, octubre 19 de 2016. Acta 2126. Versión 4
Modificación Plan de estudios:	<ul style="list-style-type: none"> - Acuerdo de Facultad 008 de febrero 8 de 2001 - Acuerdo de Facultad 201 de enero 24 de 2002 - Acuerdo de Facultad 071, julio 13 de 2006, Acta 1649. Versión 2. - Acuerdo de Facultad 155, septiembre 4 de 2008. Acta 1739. Mod. Versión 2. - Acuerdo de Facultad 231, marzo 19 de 2010. Acta 1817. Versión 3. - Acuerdo de Facultad 693, octubre 19 de 2016. Acta 2126. Versión 4 - Acuerdo de Facultad 1108, septiembre 15 de 2022. Acta 2389. Mod. Versión 4.
Acreditación Alta Calidad:	Resolución MEN 11009, 6 de julio de 2018. Vigencia 6 años
Institución:	Universidad de Antioquia
Origen:	Oficial
Carácter Académico:	Universitario
Institución acreditada:	Resolución 16516, 14 de diciembre de 2012
Nivel Académico:	Pregrado
Nivel de Formación:	Profesional
Metodología:	Presencial, diurno
Periodicidad de la admisión:	Semestral
Duración de semestre:	16 semanas lectivas
Inclusión de TIC'S:	100%
Estudiantes matriculados:	598 en 2021-2
Valor de la matrícula al iniciar:	Según estrato socioeconómico
Número de créditos obligatorios:	153
Número de créditos electivos:	30 (12 de prácticas académicas)
Graduados:	578 a agosto 2022
El programa está adscrito a:	Facultad de Ingeniería
Sede:	Ciudad Universitaria, Medellín
Dirección:	Calle 67 N° 53-108 (bloque 19, oficina 419)
Teléfono:	(604) 219 55 88

2 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL PROGRAMA Y TRADICIÓN

2.1 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. Poco a poco se fueron dando las condiciones para crear el programa de Bioingeniería por Acuerdo 0163 del 8 de marzo de 2000 de la mano del profesor Mauricio Wilches de la Facultad de Ingeniería, inicialmente con las siguientes áreas de énfasis: Bioinstrumentación, Biomecánica, Biomateriales e Ingeniería clínica. Las actividades académicas se iniciaron en el primer semestre del año 2001.

Hasta la fecha, el Programa ha generado transformaciones en el área de la salud del país, posicionándolo como uno de los mejores programas en el área, por el impacto que han generado los egresados en el medio y por los proyectos de investigación y extensión que han realizado los profesores que son miembros de grupos de investigación adscritos al Programa.

2.2 Cambios en las estructuras curriculares y administrativas

2.2.1 Estructura curricular

El Programa de Bioingeniería comenzó con un plan de estudios aprobado por el Acuerdo de Facultad 008 de febrero 8 de 2001, y ligeramente modificado por la Resolución 201 de enero 24 de 2002 del mismo Consejo en el cual el 100% de las asignaturas eran ofrecidas con cursos exclusivos para los estudiantes del Programa. Adicionalmente, todos los estudiantes del Programa debían realizar un proyecto integrativo de semestre (PIS) que consistía en la realización de un proyecto grupal con un énfasis investigativo cuyo resultado tenía una nota equivalente del 10% en los cursos en los que estuviera matriculado. A pesar de que esto ofreció ventajas en cuanto a la formación académica, se detectaron debilidades respecto a la flexibilidad. En el año 2005, comenzó un proceso de transformación curricular para todos los programas adscritos a la facultad de Ingeniería, que tenía la intención de modernizar los planes de estudio y establecer un tronco común para todas las ingenierías propendiendo incrementar la flexibilidad curricular. 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 para todos los programas adscritos a ella, y resaltando los siguientes componentes: la fundamentación, la contextualización, la solución de problemas, los propósitos de formación, los campos del conocimiento y las estrategias didácticas.

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 luego el plan de estudios fue completamente adherido al tronco común de la facultad de Ingeniería en el Acuerdo de Facultad 155 de 4 de septiembre de 2008. En paralelo, luego de un análisis juicioso de los resultados de los PIS, se modificó la normatividad de estos desde el comité de carrera del Programa especificando que para su realización el estudiante debía estar matriculado en algún curso entre el quinto y el octavo semestre y que su nota se vería reflejada en el 10% de la evaluación de los cursos con carácter teórico-práctico.

Luego de 4 años de haber implementado la versión 2 del Programa, se estructuró 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, pero disminuyó el número de créditos totales de 222 a 203, adecuándose 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. En esta versión de estudios del Programa se incluyó un área a las cuatro ya existentes enfocada en el procesamiento de señales e imágenes médicas.

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, realizando la adherencia del término “Práctica Académica” para referirse a la ejecución de un proyecto de ingeniería específico del programa académico y que puede ser realizada bajo alguna de las siguientes modalidades que actualmente son reglamentadas actualmente en el acuerdo de prácticas académicas 958 del 7 de octubre de 2020 del Consejo de Facultad:

- **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.

En el año 2015 el Decreto 1075, posteriormente modificado por el Decreto 1330 de 2019, estableció que un crédito académico debía equivaler a 48 horas semestrales de trabajo del estudiante según el número de horas de docencia directa y el trabajo independiente. El programa de Bioingeniería se ajustó a las directrices del gobierno nacional y reestructuró su plan de estudios nuevamente en una versión 4 mediante acuerdo de facultad 693 del 19 de octubre de 2016 en la que la cantidad de créditos se ajustó a un total de 183. Se resalta en esta versión 4 la aparición de los Proyectos Integrativos de Semestre (PIS) como asignaturas con código y créditos académicos, la asignación de 12 créditos a la práctica académica que debe realizar un estudiante para cumplir con uno de los requisitos para grado, la disminución del porcentaje de créditos de cursos del área de electrónica según sugerencias de los pares académicos, el aumento de asignaturas electivas, y la modificación de varios prerrequisitos y correquisitos para aumentar la flexibilidad académica donde fuera posible.

En la actualidad, se está diseñando la versión 5 del programa de Bioingeniería en la cual se están adecuando, las áreas de profundización, los resultados de aprendizaje, las materias obligatorias, el perfil del egresado y las competencias que alcanzarán los estudiantes al terminar su plan de estudios, para tener profesionales con las habilidades adecuadas que les permitirán afrontar los retos y necesidades que tendrá la sociedad en el sector biomédico. Adicionalmente, se ajustan los cursos de inglés para cumplir con el acuerdo académico 467 por el cual se establece la Política de Competencia en Lengua Extranjera para los estudiantes de pregrado de la Universidad de Antioquia que se ejecuta a través del Programa Institucional de Formación en Lengua Extranjera – PIFLE– de tal manera que se tengan 5 cursos obligatorios de inglés de 2 créditos.

2.2.2 Estructura administrativa

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 Currículo 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 Currículo 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.

2.3 Normas internas y externas que regulan la vida del Programa

2.3.1 Normas internas

El programa de Bioingeniería basa su funcionamiento en el Estatuto General, el Reglamento Estudiantil, el Estatuto Profesoral, el Plan de Desarrollo de la Universidad 2017-2027, el Sistema Universitario de Investigación, el Estatuto Básico de Extensión, el Plan de Acción Institucional (PAI) 2021-2024, el Acuerdo del Consejo de Facultad 0163 de Marzo 8 de 2000

por el cual se crea el programa de Bioingeniería, los acuerdos de Facultad que reglamentan todas las versiones del plan de estudios de Bioingeniería citados anteriormente, el acuerdo de Facultad 958 del 07 de octubre de 2020 que reglamenta las prácticas académicas, el Acuerdo Académico 480 del 21 de agosto de 2015 que reglamenta el régimen de admisión para estudiantes de pregrado; y acata toda la normatividad vigente y las directrices dadas por el consejo de Facultad de Ingeniería. Adicionalmente, el Programa genera algunas directrices propias como lo es la normatividad para los proyectos integrativos de semestre y la conformación del comité de carrera. Toda esta base es socializada y comunicada a los docentes y estudiantes por medio de correos, reuniones semestrales de Proyecto Integrativo de Semestre (PIS), reunión de profesores, comité de carrera, inducción a estudiantes y desde la coordinación en procesos de matrícula y ajustes.

2.3.2 Normas externas

A nivel externo el Programa se rige por la Constitución Política de Colombia, el Decreto 1330 de 2019 por el cual se sustituye el Capítulo 2 y se suprime el Capítulo 7 del Título 3 de la Parte 5 del Libro 2 del Decreto 1075 de 2015 “Único Reglamentario del Sector Educación”, la ley 842 de 2003 la 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. Se rige también por las resoluciones de registro calificado del Ministerio de Educación Nacional y por las resoluciones de acreditación y reacreditación del Consejo Nacional de Acreditación CNA.

3 ENFOQUE CONCEPTUAL Y CONTEXTUAL DEL PROGRAMA

3.1 Concepciones teóricas que orientan el ejercicio de la profesión

Una de las definiciones más aceptadas de Bioingeniería fue propuesta en 1972 por el *Committee of the Engineer's Joint Council* de los Estados Unidos y dice que "La Bioingeniería es la aplicación de los conocimientos recabados de una fértil cruzada entre la ciencia ingenieril y la médica, tal que a través de ambas pueden ser plenamente utilizados para el beneficio del ser humano". Por ende, 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 con el fin de generar bienestar, desarrollo tecnológico y social sostenibles en el sector salud. 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 difusión, generación, aplicación y gestión del conocimiento propio de la ingeniería, especialmente aplicado a las áreas de la vida, realizando un trabajo con criterios de excelencia académica, ética y responsabilidad social a nivel de docencia, investigación y extensión. Busca tener una gran vocación de servicio social y de respeto por las instituciones que

requieran de estos y se compromete a formar profesionales íntegros, con capacidad para innovar, transformar y liderar proyectos para impactar positivamente el entorno en el cual se desempeñan.

3.1.2 Visión del Programa

En 2027 el programa de Bioingeniería de la Universidad de Antioquia será reconocido nacional e internacionalmente tanto por su excelencia académica como por el impacto social y económico que logra mediante el liderazgo y capacidad de desarrollo de soluciones tecnológicas para el sector salud.

3.2 Pertinencia social y científica

El rol del Bioingeniero es realizar un adecuado desarrollo y gestión del ciclo de vida de las tecnologías en salud con un sentido ético y respetuoso del medio ambiente. Dado que en Colombia más del 80% de los dispositivos médicos son importados [1], existen amplias oportunidades para la participación de los Bioingenieros en la administración y gestión de los dispositivos importados, aplicando criterios éticos, de eficiencia y seguridad para el paciente, para cumplir con los marcos normativos aplicables. Además, el Bioingeniero puede contribuir a fortalecer los procesos de diseño, desarrollo y fabricación de las tecnologías en salud, impulsando la industria local y generando un ecosistema de innovación y emprendimiento, disminuyendo la dependencia tecnológica de los dispositivos importados [2]. Por lo tanto, la formación de bioingenieros con una sólida fundamentación científica, capacidad de integración de diferentes campos del saber para generar bienestar social, desarrollo y gestión de tecnologías en salud, es altamente pertinente para fomentar el progreso y generación de riqueza del país desde las dimensiones social y científica.

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 los temas 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)*¹. Las tendencias más marcadas en los temas de investigación se centran en procesamiento de señales biomédicas, procesamiento de imágenes biomédicas, ingeniería de tejidos y biomateriales, micro y nano bioingeniería, sistemas computacionales e inteligencia artificial, modelado y simulación en sistemas biomédicos, biología sintética y modelado multiescalar, ingeniería de los sistemas cardiovasculares y respiratorios, ingeniería neuronal y de rehabilitación, sensores biomédicos y sistemas vestibles, biorrobótica y biomecánica, tecnologías y sistemas para terapia y diagnóstico, informática biomédica y en salud, y la educación de la ingeniería biomédica.

Por otro lado, la Organización Mundial de la Salud (OMS) en su texto “Human Resources for Medical Devices: The role of biomedical engineers” menciona que aparte de las líneas de investigación y desarrollo, los bioingenieros e ingenieros biomédicos también deberán

¹ <https://embc.embs.org/2022/>

cumplir un rol muy importante en la aplicación y operación de dispositivos médicos y lo llaman ingeniería clínica. Dicha rama incluye varios aspectos que son tendencia para el desarrollo de la disciplina como lo son: gestión de la tecnología en salud, regulación y aseguramiento de la calidad, ensayos clínicos y comités de ética, economía de la salud, ingeniería de sistemas en salud, administración de proyectos en salud, buenas prácticas de manufactura y sistemas de gestión de la calidad, conectividad e interoperabilidad de sistemas de salud, administración del mantenimiento de la tecnología en salud, entre otros.

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.

3.4 Comparativo con programas afines a nivel nacional e internacional

3.4.1 Referentes nacionales

En Colombia, existen cuatro programas de Bioingeniería y veintitrés programas de Ingeniería Biomédica² los cuales ofrecen sus programas de manera presencial y están distribuidos en todo el país (ver Tabla 1). En la ciudad de Medellín existen cinco Programas académicos contando el programa de Bioingeniería de la Universidad de Antioquia, tres de ellos de carácter privado y los otros dos de carácter público. Los privados pertenecen a la Escuela de Ingeniería de Antioquia EIA, a la Universidad CES y a la Corporación Universitaria Remington, esta última universidad recibió el 4 de noviembre de 2021 su registro calificado. Los públicos son del Instituto Tecnológico Metropolitano ITM y de la Universidad de Antioquia.

A la fecha, ocho programas a nivel nacional cuentan con acreditación de alta calidad reconocida por el Ministerio de Educación Nacional, de los cuales cuatro programas tienen vigencia de 6 años mientras que los otros cuatro la tienen por 4 años. Los otros veintiún programas cuentan con registro calificado activo. El programa de Ingeniería Biomédica de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito es el único que actualmente se ofrece en convenio con otra institución, en este caso con el Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario. Los núcleos y campos de formación conceptual establecidos para los diferentes programas del país son muy similares, excepto el del programa de la Universidad ECCI que declara pertenecer al área de la salud con un núcleo básico del conocimiento en Medicina. 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.

² Datos actualizados al 31 de mayo de 2022 en el SNIES del Ministerio de Educación Nacional.

Tabla 1 Resumen de programas de Bioingeniería e Ingeniería Biomédica en Colombia.

PROGRAMA	INSTITUCIÓN	SECTOR	RECONOCIMIENTO	CRÉDITOS	MUNICIPIO
Ingeniería Biomédica	Universidad Antonio Nariño	Privado	Acreditación de alta calidad	154	Bogotá, D.C.
	Universidad EIA	Privado	Acreditación de alta calidad	179	Medellín
	Universidad Autónoma de Manizales	Privado	Acreditación de alta calidad	177	Manizales
	Universidad Manuela Beltrán-UMB-	Privado	Acreditación de alta calidad	160	Bogotá, D.C.
	Instituto Tecnológico Metropolitano	Oficial	Acreditación de alta calidad	162	Medellín
	Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito	Privado	Acreditación de alta calidad	154	Bogotá, D.C.
	Universidad Antonio Nariño	Privado	Registro calificado	163	Cartagena de Indias
	Universidad Antonio Nariño	Privado	Registro calificado	163	Popayán
	Universidad ECCI	Privado	Registro calificado	180	Bogotá, D.C.
	Universidad Autónoma De Occidente	Privado	Registro calificado	157	Cali
	Universidad Manuela Beltrán-UMB-	Privado	Registro calificado	160	Bucaramanga
	Universidad De Los Andes	Privado	Registro calificado	134	Bogotá, D.C.
	Corporación Universitaria Reformada - CUR -	Privado	Registro calificado	47	Barranquilla
	Universidad Autónoma de Bucaramanga-UNAB-	Privado	Registro calificado	153	Bucaramanga
	Universidad Militar-Nueva Granada	Oficial	Registro calificado	169	Cajicá
	Universidad Simón Bolívar	Privado	Registro calificado	166	Barranquilla
	Universidad Tecnológica de Bolívar	Privado	Registro calificado	169	Cartagena de Indias
	Universidad CES	Privado	Registro calificado	161	Medellín
	Pontificia Universidad Javeriana	Privado	Registro calificado	149	Cali
	Bioingeniería	Unidad Central del Valle del Cauca	Oficial	Registro calificado	166
Universidad de San Buenaventura		Privado	Registro calificado	156	Cali
Corporación Universitaria Remington		Privado	Registro calificado	160	Medellín
Institución Universitaria Visión de las Américas		Privado	Registro calificado	168	Pereira
Universidad de Antioquia		Oficial	Acreditación de alta calidad	183	Medellín
Universidad Santiago de Cali		Privado	Acreditación de alta calidad	154	Cali
Pontificia Universidad Javeriana		Privado	Registro calificado	136	Bogotá, D.C.
Universidad el Bosque		Privado	Registro calificado	155	Bogotá, D.C.

3.4.2 Referentes internacionales

La 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 y 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 disponible³. Algunas de las sociedades más representativas se listan en la Tabla 2.

Tabla 2 Algunas asociaciones profesionales nacionales e internacionales de ingeniería biomédica

PAÍS	NOMBRE DE SOCIEDAD	ACRÓNIMO
REGIÓN MEDITERRÁNEA ESTE		
Arabia Saudita	Saudi Scientific Society for Biomedical Engineering	SSSBE
REGIÓN EUROPEA		
Dinamarca	Danish Society for Biomedical Engineering	DMTS
Francia	Societe Francaise De Genie Biologique Et Medical	SFGBM
Alemania	Deutsche Gesellschaft Für Biomedizinische Technik E.V.	DGBMT
Irlanda	Biomedical Engineering Association of Ireland	BEAI
Italia	Associazione Italiana Di Ingegneria Medica E Biologica	AIIMB
Italia	Italian Association of Clinical Engineers	AIIC
Países Bajos	The Netherlands Society for Biophysics And Biomedical Technology	BIOPM
España	Sociedad Española De Ingeniería Biomédica	SEIB
Reino Unido	Institution Of Physics and Engineering in Medicine	IPEM
REGIÓN DE LAS AMÉRICAS		
Argentina	Sociedad Argentina de Bioingeniería	SABI
Brasil	Sociedade Brasileira de Engenharia Biomedica	SBEB
Colombia	Asociación Colombiana de Bioingeniería Y Electrónica Médica	ABIOIN
Canadá	Canadian Medical & Biological Engineering Society	CMBES
México	Colegio de Ingenieros Biomédicos	CIB
Estados Unidos	American Institute for Medical & Biological Engineering	AIMBE
SOCIEDADES INTERNACIONALES		
Internacional	American College of Clinical Engineering	ACCE
Internacional	European Alliance for Medical and Biological Engineering & Science	EAMBS
Internacional	IEEE Engineering in Medicine and Biology Society	EMBS
Internacional	International Federation for Medical and Biological Engineering	IFMBE

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 del Programa

El Programa de Bioingeniería de la Universidad de Antioquia se distingue por tener docentes con gran calidad humana que poseen un alto nivel de académico, con gran capacidad de trabajo y compromiso con las necesidades del Programa y se destacan en su área de conocimiento particular. Se caracterizan además por tener una constante capacitación en pedagogía y didáctica y por buscar lograr una innovación y emprendimiento a través de los grupos de investigación de los que hacen parte, asimismo, buscan estar a la vanguardia y tener una respuesta rápida y eficiente ante retos y problemas del sector salud

Adicionalmente, el Programa de Bioingeniería se caracteriza por tener alta calidad académica y por formar a los estudiantes de una manera integral con una sólida formación en ciencias básicas comparado con varios de los programas de Ingeniería Biomédica y Bioingeniería del

³ Encuesta Global enero 2015 – Perfiles académicos y profesionales de ingenieros biomédicos y técnicos, OMS.

país. Sus estudiantes poseen gran compromiso en el desarrollo de sus actividades académicas y de investigación formativa que se logra a través del denominado Proyecto Integrativo de Semestre (PIS), en el cual grupos de 2 o 3 estudiantes realizan un trabajo de investigación o emprendimiento por semestre académico, que relaciona e integra los conocimientos propios del semestre en curso con los conocimientos previos adquiridos. El desarrollo de los PIS 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 competencias y habilidades, como por ejemplo la perseverancia, la paciencia, la planeación y el compromiso más allá del cumplimiento de los mínimos, que los diferencian de profesionales de programas afines.

Desde el punto de vista curricular, el Programa de Bioingeniería sobresale por poseer multidisciplinariedad, gran flexibilidad académica y amplitud de áreas de énfasis permitiendo que el estudiante sea formado con altos y variados conocimientos técnicos y científicos con capacidad de análisis y pensamiento crítico. Además, permite una articulación con diferentes niveles de formación en pregrado, por ejemplo, con el programa de Tecnología Biomédica, y en posgrado con los programas de maestría y doctorado de la Facultad de Ingeniería. Además, en la versión 4 del plan de estudios, el Programa posee un 45% de cursos teórico-prácticos que permiten que el proceso de enseñanza-aprendizaje pueda realizarse por diferentes vías incluyendo la apropiación del conocimiento mediante la experimentación. Se caracteriza también por su fortaleza en la internacionalización del currículo con movilidad entrante y saliente de estudiantes y profesores a nivel nacional e internacional; y por poseer una fuerte componente integradora en torno a la investigación, el desarrollo de productos y los modelos de negocios.

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; además debe ser responsable, con gran sentido social y ambiental y dispuesto al aprendizaje continuo. Se espera que el aspirante sea un indagador, que esté interesado por explorar nuevos conceptos y que desarrolle su curiosidad a lo largo de sus estudios profesionales, pero manteniendo un equilibrio físico, mental y emocional.

3.6.2 Perfil del egresado

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

Competencias generales:

- CG1. Actuar de manera responsable, ética y autónoma buscando que el resultado de sus acciones incida en el cumplimiento de su labor.
- CG2. Desempeñar su labor de manera eficiente de forma individual y con equipos de trabajo multidisciplinarios, manteniendo la ecuanimidad, empatía y respeto con las diferencias de los demás.
- CG3. Comunicar conocimientos, inquietudes, ideas y necesidades asertivamente y de forma respetuosa de manera oral, escrita y gráfica en lengua materna y en inglés, para facilitar su interacción con el entorno.
- CG4. Tener capacidad de adaptación y de toma de decisiones ante desafíos propios del área de desempeño.
- CG5. Proponer soluciones sostenibles y socialmente responsables.
- CG6. Gestionar recursos y proyectos que den soluciones a las necesidades del medio.
- CG7. Desarrollar productos o servicios garantizando el cumplimiento normativo.
- CG8. Proponer ideas de negocio o innovaciones competitivas.

Competencias específicas:

- CE1. Entender los conceptos fundamentales de cálculo, álgebra y estadística, y ser capaz de aplicarlos en ingeniería y medicina.
- CE2. Comprender los principios básicos de la química y bioquímica y aplicarlos en el ámbito de la ingeniería y medicina.
- CE3. Aplicar los modelos físicos que permiten describir cualitativa y cuantitativamente el cuerpo humano y las interacciones de la materia, los campos electromagnéticos y las ondas con los seres vivos.
- CE4. Conocer la estructura y el funcionamiento de los seres vivos, de los órganos y sistemas del ser humano con el fin de desarrollar soluciones desde la bioingeniería.
- CE5. Seleccionar, caracterizar y producir biomateriales empleando técnicas básicas de síntesis y extracción a escala de laboratorio para diferentes aplicaciones en bioingeniería y el área de la salud en función de las normas requeridas.
- CE6. Conocer el funcionamiento de dispositivos ortopédicos y protésicos en el tratamiento de la discapacidad.
- CE7. Utilizar las tecnologías de la información y la comunicación para dar solución a problemas del sector salud.
- CE8. Procesar señales, imágenes y datos biomédicos con el fin de obtener información que pueda ser utilizada en el diagnóstico médico y la investigación.
- CE9. Conocer los conceptos básicos sobre teoría de circuitos analógicos y digitales, así como su aplicación para la resolución de problemas propios de la bioingeniería.
- CE10. Aplicar diferentes metodologías existentes para modelar y simular procesos fisiológicos básicos con el fin de desarrollar soluciones tecnológicas en el área de la salud.
- CE11. Integrar elementos de hardware, software y firmware para el diseño de aplicaciones básicas con dispositivos programables.

- CE12. Implementar soluciones electrónicas para resolver problemas asociados a dispositivos médicos e infraestructura biomédica utilizando componentes estandarizados.
- CE13. Conocer los fenómenos físicos, químicos y electrónicos que permiten la implementación de sensores y actuadores en el campo biomédico.
- CE14. Comprender los conceptos para administrar los recursos necesarios de los procesos relacionados con la tecnología en salud
- CE15. Gestionar el ciclo de vida de la tecnología en salud.
- CE16. Comprender el marco normativo y de calidad vigente relacionado con las tecnologías en salud.

Perfil ocupacional: El egresado del programa de Bioingeniería de la Universidad de Antioquia según las competencias adquiridas durante su formación de pregrado, podrá desempeñarse como:

- Ingeniero de investigación y desarrollo en una empresa de desarrollo de dispositivos médicos, prótesis, órtesis o software.
- Ingeniero líder de la gestión de tecnología médica en entidades prestadoras de servicios de salud.
- Ingeniero de apoyo a los procesos de investigación en desarrollo y caracterización de biomateriales y dispositivos médicos.
- Consultor en procesos relacionados con el cumplimiento de normativas asociadas al uso de tecnologías en salud.
- Líder en empresas de base tecnológica que desarrollen y comercialicen tecnologías en el sector salud.
- Director técnico en una empresa de fabricación o importación de todo tipo de dispositivo médico.

3.6.3 Perfil de los docentes

De acuerdo con 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. 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. Sin embargo, en los cursos de la formación de la ingeniería aplicada y formativa, son los profesores de tiempo completo (vinculados y ocasionales) los que dictan la mayoría de los cursos.

Actualmente el Programa de Bioingeniería cuenta con doce (12) plazas docentes todas asignadas a profesores vinculados de tiempo completo. Uno de ellos actualmente ocupa el cargo administrativo de Coordinador del Programa con funciones también de docencia, y es reemplazado por un docente ocasional de tiempo completo. Además, cuenta con profesores de cátedra adscritos a la Facultad de Ingeniería que son contratados por más horas de lo

habitual permitiendo tener labores administrativas y de acompañamiento académico mucho más cercano.

Los docentes de tiempo completo del programa de Bioingeniería son profesionales idóneos en las áreas del saber afines al campo científico específico de la Bioingeniería y se caracterizan por su elevado compromiso con la institución y el Programa, lo que permite que se puedan lograr obtener los objetivos misionales de la Universidad en docencia, investigación y extensión. Es un personal con altas capacidades que está siendo reconocido en el medio académico, industrial y científico; así como por la excelencia docente, la divulgación y publicación de resultados de investigación en diversos eventos y revistas científicas de alto impacto en el área, por la generación de patentes de los desarrollos logrados y por el liderazgo en la transformación de la industria del sector salud. En el ambiente científico y empresarial es un grupo de profesores conocido y respetado, tanto por sus logros académicos como por la excelente formación íntegra de los egresados. Adicionalmente, los docentes del programa deben ser cualificados en 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 PIS el cual es un pilar fundamental en la estructura curricular del Programa.

Todos los profesores de Bioingeniería tienen participación en la formación de pregrado y en grupos de Investigación reconocidos por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación – Minciencias. A septiembre de 2022, 9 profesores poseen título de Doctorado y 4 título de maestría, es decir que, del total de profesores de Bioingeniería, el 69.2% tienen formación de Doctorado y el 30,8% tienen formación de Maestría. Por otro lado, 3 profesores han alcanzado el máximo escalafón docente correspondiente a la categoría de Docente Titular, 3 se encuentran actualmente en el escalafón de Docente Asociado, 2 en la categoría de Docente Asistente y 4 profesores se encuentran pendientes de ser escalafonados una vez cumplan su año de prueba de vinculación.

Es importante destacar que 5 de los profesores de tiempo completo fueron formados profesionalmente por el programa de Bioingeniería de la Universidad de Antioquia. En la Tabla 3 se presenta el listado de profesores del Programa de Bioingeniería mostrando las áreas que apoyan en el Programa, la máxima formación académica conseguida, el escalafón docente, el tipo de vinculación y el enlace al CVLAC.

Los profesores del programa participan principalmente en 3 grupos de investigación que se encuentran adscritos a la Facultad de Ingeniería. Estos grupos son: grupo de investigación en Biomateriales – BIOMAT (2021 Categoría B Minciencias), Grupo de Investigación en Bioinstrumentación e Ingeniería Clínica – GIBIC (2021 Categoría A Minciencias) y el grupo de Sistemas Embebidos e Inteligencia Computacional – SISTEMIC (2021 Categoría A1 Minciencias). 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 permiten el intercambio de equipos, servicios, conocimientos todo en pro de una mejor proyección del Programa.

Tabla 3 Profesores vinculados según escalafón docente y ocasionales (OC) del programa de Bioingeniería.

NOMBRE	ÁREAS DE QUE APOYA	MÁXIMA FORMACIÓN ACADÉMICA	INSTITUCIÓN QUE OTORGA EL TÍTULO	CATEGORÍA Y VINCULACIÓN	ENLACE A CVLAC
Diana Marcela Escobar Sierra	- Biomateriales	Doctorado en Ciencias Químicas	Universidad de Antioquia	Titular (TC)	Enlace
Alher Mauricio Hernández Valdivieso	- Diseño, fabricación y análisis de dispositivos médicos - Computación y sistemas biomédicos	Doctorado en Ingeniería Biomédica	Universidad Politécnica De Cataluña	Titular (TC)	Enlace
José David López Hincapié	- Diseño, fabricación y análisis de dispositivos médicos - Computación y sistemas biomédicos	Doctorado en Ingeniería	Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales	Titular (TC)	Enlace
Ana María Torres López	- Biomateriales - Computación y sistemas biomédicos	Doctorado en Ciencias Médicas Doctorado en Nanotecnología	Universidad Pontificia Bolivariana Centro de Investigación en Materiales Avanzados Unidad Monterrey	Asociado (TC)	Enlace
Claudia Patricia Ossa Orozco	- Biomateriales - Diseño, fabricación y análisis de dispositivos médicos	Doctorado en Ingeniería Metalúrgica y Materiales	Universidad de São Paulo	Asociado (TC)	Enlace
Juan Diego Lemos Duque	- Diseño, fabricación y análisis de dispositivos médicos - Computación y sistemas biomédicos	Doctorado en Ingeniería Electrónica.	Universidad de Antioquia	Asociado (TC)	Enlace
Juliana Uribe Pérez	- Biomecánica y rehabilitación física	Doctorado en Ciencias de los Materiales	Escuela Nacional Superior de Minas de Saint-Étienne	Asistente (TC)	Enlace
Isabel Cristina Muñoz Ortega	- Computación y sistemas biomédicos - Biomecánica y rehabilitación física	Doctorado en Ingeniería Electrónica	Universidad de Antioquia	Pendiente de escalafón (TC)	Enlace
Javier Hernando García Ramos	- Gestión de tecnología en salud. - Diseño, fabricación y análisis de dispositivos médicos	Maestría en Ingeniería	Universidad de Antioquia	Pendiente de escalafón (TC)	Enlace
Jonathan Gallego Londoño	- Diseño, fabricación y análisis de dispositivos médicos - Computación y sistemas biomédicos	Maestría en Ingeniería Biomédica	Rwth Aachen University – Trinity College Dublin	Pendiente de escalafón (TC)	Enlace
Juan Guillermo Barreneche Ospina	- Gestión de tecnología en salud. - Diseño, fabricación y análisis de dispositivos médicos	Maestría en administración de negocios (MBA)	Universidad EAFIT	Pendiente de escalafón (TC)	Enlace
John Fredy ⁴ Gómez Ochoa	- Diseño, fabricación y análisis de dispositivos médicos - Computación y sistemas biomédicos	Doctorado en Ingeniería electrónica	Universidad de Antioquia	Asistente (TC)	Enlace
Jenny Kateryne ⁵ Aristizábal Nieto	- Diseño, fabricación y análisis de dispositivos médicos - Computación y sistemas biomédicos	Maestría en Ingeniería Biomédica	Politécnico de Turín	Ocasional (TC)	Enlace

⁴ Profesor en comisión administrativa: Coordinador del Programa

⁵ Profesor ocasional en reemplazo del profesor en comisión administrativa.

3.7 Coherencia del Programa con los principios institucionales

La Universidad de Antioquia desarrolla su quehacer a través de tres ejes misionales: docencia, investigación y extensión, además de principios y objetivos institucionales. Los principios institucionales se dividen en: Principios Generales, Igualdad, Responsabilidad social, Autonomía, Universalidad, Libertades de Cátedra y de Aprendizaje, Normatividad, Convivencia, Excelencia Académica, Interdisciplinariedad, Investigación y Docencia, Extensión, Autoevaluación, Cooperación Interinstitucional, Participación, Asociación, Derecho Universitario de Petición, Debido Proceso, Planeación, Descentralización, Regionalización, Realidad Económica y Administrativa [3].

El Programa de Bioingeniería busca ser coherente con dichos principios y para lograrlo se ha propuesto cumplir con los principios institucionales de la siguiente forma:

- Principios Generales: El Programa se compromete con su personal docente a mantener la búsqueda de nuevos conocimientos y soluciones a los problemas de la sociedad específicamente en el área biomédica.
- Igualdad: El Programa no restringe los derechos, libertades ni oportunidades por consideraciones sociales, económicas, políticas, ideológicas, de raza, sexo o credo.
- Responsabilidad Social: El personal del Programa tiene como responsabilidad prioritaria servir a los sectores más vulnerables de la sociedad con los instrumentos del conocimiento y del respeto a la ética.
- Autonomía: El Programa se acoge a los estatutos y reglamentos de la Universidad, pero tiene derecho a designar su comité de carrera y organizar sus políticas internas que no vayan en contra vía de las normativas de la Facultad de Ingeniería y de la Universidad. Además, es de su propia naturaleza el ejercicio libre y responsable de la crítica, la cátedra, la enseñanza, el aprendizaje, la investigación y la controversia ideológica y política.
- Universalidad: El Programa está abierto a los saberes científicos y expresiones culturales; y propicia la comunicación con todos los pueblos del mundo, en especial con universidades, institutos de investigación y entidades públicas y privadas, para incorporar en el programa académico los adelantos de la investigación biomédica.
- Libertades de Cátedra y de Aprendizaje: Los profesores del programa de Bioingeniería tienen discrecionalidad para exponer sus conocimientos con sujeción a un contenido programático mínimo, aprobado para cada asignatura por la Facultad de Ingeniería. Dicha exposición de conocimientos debe ceñirse a los principios éticos, científicos y pedagógicos expuestos en este documento. Los estudiantes pueden controvertir dichas explicaciones con sujeción a los mismos principios, a acceder a las fuentes de información disponibles y utilizarlas para la ampliación y profundización de sus conocimientos.
- Normatividad: El programa de Bioingeniería acepta y sigue las normas internas que rigen la vida institucional para lograr un funcionamiento adecuado y eficaz del programa, y para cumplir los objetivos específicos de la institución.
- Convivencia: Los integrantes del personal del programa de Bioingeniería practican y defienden el diálogo racional y la controversia civilizada como métodos de convivencia para conseguir los fines de la Institución, y para tratar o solucionar los conflictos.

- **Excelencia Académica:** Los profesores y estudiantes del Programa realizan sus quehaceres con criterios de excelencia académica y científica, y buscan los más altos niveles del conocimiento. Este es el criterio rector de la vida universitaria y la función administrativa está al servicio de su fortalecimiento.
- **Interdisciplinariedad:** Las actividades académicas de investigación, de docencia y de extensión en el programa de Bioingeniería abordan problemas prácticos y teóricos en una perspectiva interdisciplinaria que propicia la aprehensión de la complejidad de los objetos, fenómenos o procesos, de sus relaciones e interacciones internas y externas, y promueve la cooperación y el desarrollo recíprocos en la búsqueda del conocimiento y en su aplicación sobre el mundo.
- **Investigación y Docencia:** La investigación y la docencia constituyen 2 de los ejes de la vida académica del programa de Bioingeniería y de la Universidad. La investigación es parte del currículo y tiene como finalidad la generación y comprobación de conocimientos, orientados al desarrollo de la ciencia, de los saberes y de la técnica, y la producción y adaptación de tecnología, para la búsqueda de soluciones a los problemas ingenieriles del sector salud de la región y del país. La docencia, fundamentada en la investigación, permite formar a los estudiantes, mediante los métodos pedagógicos descritos en este documento, en el campo científico y técnico propios de la Bioingeniería. Por su carácter difusivo y formativo la docencia tiene una función social que determina para el profesor responsabilidades científicas y morales frente a sus estudiantes, a la Institución y a la sociedad.
- **Extensión:** El programa de Bioingeniería tiene una relación permanente y directa con la sociedad a través de procesos y programas de interacción con diversos sectores y actores sociales, expresados en actividades científicas, técnicas y tecnológicas, de consultorías, asesorías e interventorías, y de programas destinados a la difusión de los conocimientos y al intercambio de experiencias y de apoyo financiero a la tarea universitaria. El programa apoya los programas de educación permanente y demás actividades tendientes a procurar el bienestar general.
- **Autoevaluación:** La autoevaluación, la actualización científica y pedagógica, el mejoramiento continuo de la calidad y la pertinencia social del programa de Bioingeniería, son tareas permanentes y parte del proceso de acreditación. El programa de Bioingeniería acoge y participa en el Sistema Nacional de Acreditación.
- **Cooperación Interinstitucional:** El programa de Bioingeniería estrecha lazos con otros programas de bioingeniería e ingeniería biomédica de instituciones públicas y privadas, nacionales y extranjeras, para el cumplimiento de su misión y para el logro de los objetivos de la Educación Superior.
- **Participación:** El programa de Bioingeniería promueve la participación de los diferentes cuerpos colegiados en la vida institucional mediante los mecanismos consagrados en la Constitución, las leyes y las normas de la Universidad.
- **Asociación:** El programa de Bioingeniería promueve la creación de grupos de estudio y equipos de trabajo para adelantar tareas de investigación, de docencia y de extensión, culturales, deportivas, recreativas y ecológicas, y facilita la participación en tales grupos a los profesores y estudiantes, promoviendo formas organizativas apropiadas.
- **Derecho Universitario de Petición:** Toda persona, o grupo de personas pertenecientes al personal perteneciente al programa de Bioingeniería, tiene derecho de formular al

comité de carrera las solicitudes en interés general o particular y de obtener pronta y adecuada respuesta, según las normas de la Institución y, en lo no previsto por ellas, según las disposiciones legales que regulan el derecho de petición.

- **Debido Proceso:** El programa de Bioingeniería respeta la función disciplinaria que ejerce la Universidad en la aplicación de un debido proceso y concederá toda la información disponible que permita a la institución realizar la investigación adecuada para determinar la tipicidad de la falta, la nocividad del hecho, la legalidad, y la necesidad de la sanción y proporción entre ésta y la falta.
- **Planeación:** El programa de Bioingeniería participará en los procesos de planeación y evaluación de la gestión de la Facultad de Ingeniería y de la Universidad; y se acogerá a los planes de desarrollo que sean diseñados como estrategias universitarias. Además, podrá diseñar planes y proyectos específicos que ayuden a la gestión y obtención de los objetivos planteados en los planes de acción y desarrollo.
- **Descentralización:** La organización académico-administrativa del programa de Bioingeniería se guía por criterios de descentralización y desconcentración de funciones en el Consejo de Facultad y en el comité de carrera. Tal organización sirve de apoyo para el cumplimiento de los fines académicos de la Institución y la función administrativa se desarrolla con arreglo a los criterios de economía, celeridad, eficiencia, igualdad, imparcialidad, publicidad, contradicción, descentralización y desconcentración de funciones.
- **Regionalización:** El programa de Bioingeniería apoyará, en conjunto con el programa de Tecnología Biomédica, a la articulación de las regiones de Antioquia con los procesos de construcción nacional y con los desarrollos de la ciencia, la tecnología y la cultura en los demás pueblos del mundo.
- **Realidad Económica y Administrativa:** Los compromisos que adquiera el programa de Bioingeniería se desarrollarán en el marco de los principios rectores y de las prioridades y posibilidades económicas y administrativas que posee la Universidad.

Es así como se muestra que existe una coherencia entre las políticas del programa de Bioingeniería y los principios institucionales establecidas por la Universidad de Antioquia.

4 COMPONENTES PEDAGÓGICOS Y CURRICULARES

4.1 Componentes pedagógicos

4.1.1 Resultados de Aprendizaje

El programa de Bioingeniería, mediante un ejercicio riguroso de sus profesores y del comité de carrera, definió en abril del 2022 los resultados de aprendizaje que se esperan que los estudiantes sean capaces de hacer, comprender y demostrar una vez culminen el proceso de aprendizaje a lo largo de todo el desarrollo de su currículo. Dichos resultados de aprendizaje se enumeran a continuación:

- RA1. Gestionar el ciclo de vida de la tecnología en salud mediante trabajo multidisciplinario para mejorar la calidad de los servicios de atención en salud con criterios de seguridad y eficiencia.

- RA2. Gestionar proyectos de ingeniería de forma organizada, colaborativa y efectiva asegurando el cumplimiento de las necesidades para las cuales el proyecto fue planteado.
- RA3. Desarrollar tecnología en salud, desde la identificación de la necesidad, el modelado y la simulación, la selección y caracterización de materiales, el diseño electrónico, el prototipado, la validación, los asuntos regulatorios y la comercialización, para dar soluciones en el área.
- RA4. Integrar las tecnologías de la información y la comunicación al área de la salud implementando técnicas de ciencias de datos y estándares de informática médica, para dar solución a problemas del sector.
- RA5. Estructurar modelos de negocio competitivos incorporando aspectos administrativos, financieros y contables, para dar soluciones sostenibles y socialmente responsables.
- RA6. Comunicar asertivamente conocimientos, ideas, inquietudes y necesidades propiciando un entorno colaborativo, respetuoso y empático para el desarrollo de actividades en la vida laboral.

4.1.2 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. El modelo pedagógico implementado en el Programa de Bioingeniería para lograr dicho cometido se basa en el STEM que es el acrónimo de Science, Technology, Engineering and Mathematics, o en español de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas. Dicho modelo busca que el proceso de enseñanza-aprendizaje sea guiado y no forzado; que el docente sea un facilitador de tal manera que se diseñen metodologías que permitan aprender de los errores propiciando un aprendizaje auténtico; busca la integración de varias áreas de conocimiento y el trabajo colaborativo; fomenta el aprendizaje significativo; promueve la creatividad; se basa en metodología basada en proyectos; entrena el pensamiento lógico matemático; y fomenta la curiosidad y creatividad [4].

Es por eso que se necesita de una muy buena fundamentación pedagógica que permita definir con precisión los contenidos curriculares, los resultados de aprendizaje, las competencias que tendrá el egresado, los lineamientos para los métodos y estrategias de enseñanza, los ritmos de aprendizaje y la interacción entre docentes y estudiantes. Actualmente, en el proceso de formación del estudiante de Bioingeniería se busca implementar diferentes modelos pedagógicos basados en el cognitivismo, el conectivismo y el constructivismo⁶. Estas teorías de aprendizaje pueden ser implementadas en conjunto o de manera particular por los profesores que tienen a cargo los cursos del currículo de Bioingeniería [5].

El primero de ellos, el cognitivismo, busca que el estudiante pueda organizar y relacionar la nueva información brindada con sus conocimientos previos de tal manera que se logre una

⁶ Ver: <https://view.genial.ly/5dafe25b6153490fc944e4a3/>

codificación interna de las estructuras mentales existentes en el estudiante. Este método usa contenidos para explicar formas complejas de aprendizaje, generar práctica y hacer retroalimentación, propiciar procesos de planificación, aplicar el conocimiento en diferentes contextos, identificar semejanzas y diferencias, y estructurar, organizar y secuenciar la información para facilitar su procesamiento.

El segundo de ellos es el constructivismo en el que se busca que el estudiante construya su conocimiento por medio de la creación de significados a partir de la experimentación. El estudiante no adquiere los significados, sino que los crea a partir de su experiencia e interacciones. El aprendizaje debe incluir la ejercitación, el conocimiento y el contexto. Este método usa contenidos para proponer ejemplos que parten de la vida real, identificar contextos para aplicación de habilidades, plantear situaciones que permitan utilizar activamente lo que se aprende, presentar diversos patrones y formas alternas de plantear problemas y presentar soluciones y situaciones novedosas.

Finalmente, el modelo del conectivismo reconoce que el conocimiento crece de manera exponencial y por esto se presenta como una teoría emergente para la era digital de tal manera que el estudiante entienda que el conocimiento se actualiza constantemente y con relativa rapidez. El conocimiento se encuentra distribuido y por lo tanto combina nodos de conocimiento que incluso puede residir fuera del ser humano, por ejemplo, en una base de datos. Este modelo considera más importante las conexiones para adquirir el conocimiento que el conocimiento mismo y por lo tanto permite desarrollar habilidades para vincular áreas, ideas, conceptos y fuentes de información especializadas[6], [7].

Por otro lado, 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 por eso propone la implementación de estrategias que permitan al estudiante de forma práctica fundir el conocimiento adquirido en varias áreas del conocimiento.

Para un mejor desarrollo del proceso de enseñanza y aprendizaje en el programa de Bioingeniería se han ido planteando metodologías activas que pretenden poner en marcha los modelos pedagógicos descritos de forma tal que el alumno sea el protagonista de su proceso formativo interdisciplinario. Es por esto que los cursos del Programa implementan estrategias que permitan crear ambientes adecuados tanto para el aprendizaje de conceptos y métodos emergentes de búsqueda de información digital como para el trabajo experimental bien sea en campo o a nivel de laboratorio, teniendo como base que los estudiantes pueden construir su conocimiento mediante la experimentación.

4.1.3 Modalidades y métodos docentes –Didácticas–

El programa de Bioingeniería propone que para plasmar de manera eficaz y eficiente la fundamentación pedagógica antes expuesta se definen ciertas modalidades y métodos de enseñanza que potencialicen el aprendizaje de los estudiantes.

Es por esto que el Programa se enfoca principalmente en dos métodos de enseñanza didáctica: el aprendizaje basado en proyectos y los cursos teóricos-prácticos. 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 análisis y 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 que no se soluciona solo teóricamente sino desde la realización práctica. 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.

Dicha metodología de enseñanza es aplicada primordialmente en los PIS con la definición semestral de proyectos por parte de los docentes del Programa o por el planteamiento de problemas de investigación o innovación por parte de los estudiantes. 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. Los proyectos integrativos de semestre constituyen el pilar de la formación integral orientada a la investigación, la innovación y el emprendimiento en Bioingeniería. Más adelante en la sección de Formación para la investigación se detalla la forma como se estructuran los PIS.

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 aprendizaje basado en 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.

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. 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.

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 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.

Si bien estos dos modelos han sido exitosos y se han ido ajustando a las necesidades del medio y al currículo del Programa, ha sido necesario incluir una serie de estrategias didácticas que complementan la formación de los estudiantes del Programa y permiten que el aprendizaje pueda ofrecerse y evaluarse de diferentes formas. Estas estrategias que pueden ser implementadas a libertad por los profesores se listan a continuación: Análisis y elaboración de videos, trabajo en subgrupos, elaboración de documentos o talleres, organizadores gráficos como infografías, debates, diálogos simultáneos, foros, preguntas contextualizadas, solución de retos o proyectos prácticos, coevaluación y cocreación.

Adicional a los 2 métodos de enseñanza fundamentales del Programa (cursos teórico-prácticos y la metodología basada en proyectos), los profesores pueden complementar de forma dinámica sus procesos de enseñanza en clase añadiendo metodologías activas como el

aprendizaje basado en problemas, el aprendizaje basado en investigación, el aula invertida, los estudios de casos, la gamificación y las salidas de campo.

4.1.4 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, autoevaluación, 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.
- **Autoevaluación:** 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

De acuerdo con 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 4 se presenta cada área con las disciplinas que componen el Programa.

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.

Tabla 4 Áreas y disciplinas correspondientes a la Bioingeniería.

ÁREA	DISCIPLINAS
Ciencias básicas	Física, Química, Matemáticas, Biología, Morfofisiología.
Ciencias básicas de ingeniería	Materiales, Circuitos y Electrónica, Fenómenos de Transporte, Mecánica, Dibujo, Computación.
Ingeniería aplicada ⁷	Biomateriales; Biomecánica y rehabilitación; Diseño, fabricación y análisis de dispositivos médicos; Computación y sistemas biomédicos; Gestión de tecnología en salud.
Socio-humanísticas	Humanidades, económico-administrativa, habilidades comunicativas, inglés.

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.

⁷ Estas áreas fueron redefinidas en reunión de profesores en mayo de 2022 y apuntan a la estructuración de la versión 5. Para la versión 3 y 4 las áreas son: Biomateriales, Biomecánica, Bioinstrumentación, Ingeniería Clínica, Procesamiento de señales e imágenes médicas.

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.

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
- Aprendizaje basado en proyectos integrativos (PIS)
- 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
- Segunda lengua.
- Introducción del modelado y la simulación como herramientas básicas del aprendizaje.

Líneas de énfasis o profundización

El currículo del programa de Bioingeniería contemplaba 5 líneas de énfasis diseñadas para cubrir las necesidades y problemas de formación de los Bioingenieros. Para la versión 3 y 4 del programa se denominaron: Biomateriales, Biomecánica, Bioinstrumentación, Ingeniería Clínica y Procesamiento de señales e imágenes médicas. Sin embargo, desde enero 2022 se ha venido realizando una reestructuración filosófica al Programa que ha incluido la modificación del comité de carrera, la creación de los resultados de aprendizaje, el ajuste a las competencias que alcanzarán los egresados y finalmente la reestructuración de las líneas de énfasis o profundización. 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. Las líneas de énfasis y sus propósitos de formación se enumeran a continuación:

- 1) Biomecánica y rehabilitación física.
 - a) Conocer, comprender, analizar y simular las partes y el movimiento del cuerpo humano en diversos escenarios mediante conocimiento teórico y técnicas de ingeniería.
 - b) Conocer, comprender y simular el funcionamiento de dispositivos protésicos y ortésicos que permitan la sustitución, modificación o soporte de una estructura anatómica del cuerpo humano.
 - c) Identificar requerimientos para el diseño de sistemas de rehabilitación osteomuscular y cardiopulmonar basados en aprendizaje de máquina.

- d) Aplicar los conocimientos de las diferentes líneas de la Bioingeniería al desarrollo y análisis de dispositivos que tienen como objetivo aportar a la rehabilitación física.
- 2) Biomateriales.
- a) Reconocer las características de los diversos materiales que se utilizan en aplicaciones médicas.
 - b) Seleccionar los materiales más adecuados para la fabricación de dispositivos médicos con base en las características y funcionalidad propia de cada tipo de material.
 - c) Conocer y aplicar las normas para evaluación de las características y funcionalidades de los materiales usados en los dispositivos médicos.
 - d) Conocer los diversos métodos de fabricación y caracterización de materiales, identificando las variables más importantes en dichos procesos, para su implementación en dispositivos médicos ajustados a la normativa vigente.
- 3) Computación y sistemas biomédicos.
- a) Aplicar el pensamiento algorítmico y sistémico, así como técnicas de computación apropiadas a los diferentes procesos que son objeto de intervención con tecnología en el área de la salud.
 - b) Desarrollar técnicas de almacenamiento, visualización y análisis de datos de interés médico para diagnóstico y tratamiento.
 - c) Analizar y extraer información de fuentes biomédicas para interpretar y brindar soluciones a problemáticas del área de la salud.
 - d) Modelar e implementar procesos biológicos y fisiológicos en plataformas computacionales como apoyo al diseño de dispositivos, materiales y software de apoyo a la decisión médica.
- 4) Diseño, fabricación y análisis de dispositivos médicos.
- a) Comprender las implicaciones que tiene la normatividad técnica internacional y de la entidad regulatoria nacional en el diseño y fabricación de dispositivos médicos.
 - b) Identificar los requerimientos técnicos y de usuario en cuanto a materiales, componentes eléctricos, electrónicos, electromecánicos, fluidicos, térmicos y químicos como paso previo al diseño de dispositivos médicos.
 - c) Desarrollar prototipos de dispositivos médicos dando cumplimiento a los requerimientos técnicos, normativos y de usuario.
 - d) Analizar desde el punto de vista normativo y de desempeño técnico el funcionamiento de dispositivos médicos.
- 5) Gestión de tecnología en salud.
- a) Comprender los estándares de regulación, calidad y normatividad técnica relacionada con los dispositivos médicos que se utilizan en los servicios de salud a nivel nacional tanto en su etapa premercado como postmercado.
 - b) Diseñar, analizar y gestionar las etapas del ciclo de vida de los dispositivos médicos en los servicios de salud.
 - c) Tomar decisiones respecto a inversión en tecnologías en salud con criterios financieros pertinentes.

4.2.2 Plan de estudios expresado en créditos

La versión 4 del plan de estudios del Programa de Bioingeniería, vigente desde el semestre 2018-2 se estructura a partir de las cuatro áreas de formación: 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 Tabla 5 y en la Tabla 6 se muestra la distribución de créditos en el programa según el área y obligatoriedad.

Tabla 5. Distribución de cursos según las áreas

Versión 4			
Ciencias básicas	Básicas de ingeniería	Sociohumanística	Ingeniería Aplicada
<ul style="list-style-type: none"> Álgebra y trigonometría Álgebra lineal Geometría vectorial y analítica Cálculo diferencial Cálculo integral Ecuaciones diferenciales Cálculo vectorial Química general Química orgánica Bioquímica Biología I Biología II Descubriendo la física Física mecánica Física de campos Física de ondas Laboratorio integrado de física Morfofisiología I Morfofisiología II 	<ul style="list-style-type: none"> Expresión gráfica para ingenieros Métodos de Fourier y variable compleja Probabilidad y estadística Informática I Informática II Introducción a la Bioingeniería Introducción a la ciencia de los materiales Teoría de máquinas Análisis de circuitos Fenómenos de Biotransporte Física avanzada para bioingenieros Teoría de modelos y simulación de sistemas Teoría de control I 	<ul style="list-style-type: none"> Inglés I Inglés II Inglés III Inglés IV Inglés V Inglés VI Lectoescritura Vivamos la Universidad Formación ciudadana Bioética Electiva sociohumanística 	<ul style="list-style-type: none"> Biomecánica del cuerpo humano Biomateriales PIS I PIS II PIS III Bioseñales y sistemas Introducción a la bioinstrumentación Bioinstrumentación analógica Dispositivos programables Sensores y acondicionamiento de señales Administración 5 electivas de profundización Práctica académica

Tabla 6 Resumen de datos del plan de estudios del Programa de Bioingeniería Universidad de Antioquia.

Datos en Créditos	Versión 3	Versión 4
Créditos Totales del Programa	203	183
Créditos Obligatorios	183	153
Créditos electivos	20	30
Número de semanas período lectivo	16	16
Créditos de ciencia básica	61	63
Créditos Ciencias básicas de ingeniería	61	42
Créditos Ingeniería aplicada	48	61
Créditos Sociohumanísticas e inglés	16	17

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 define que la distribución de carga académica por semestres para la versión 4 estuviera estructurada como se muestra en la Figura 1 y se detalla en la Tabla 7.

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. Es de gran importancia resaltar en este apartado, la estrategia que ha propuesto el programa de Bioingeniería en la versión 4 con los proyectos integrativos de semestre PIS que son enfocados como materias con créditos.

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.

En las Tabla 8 y Tabla 9 se muestran los cursos electivos que pueden tomar los estudiantes del programa en ingeniería aplicada y en sociohumanística respectivamente.

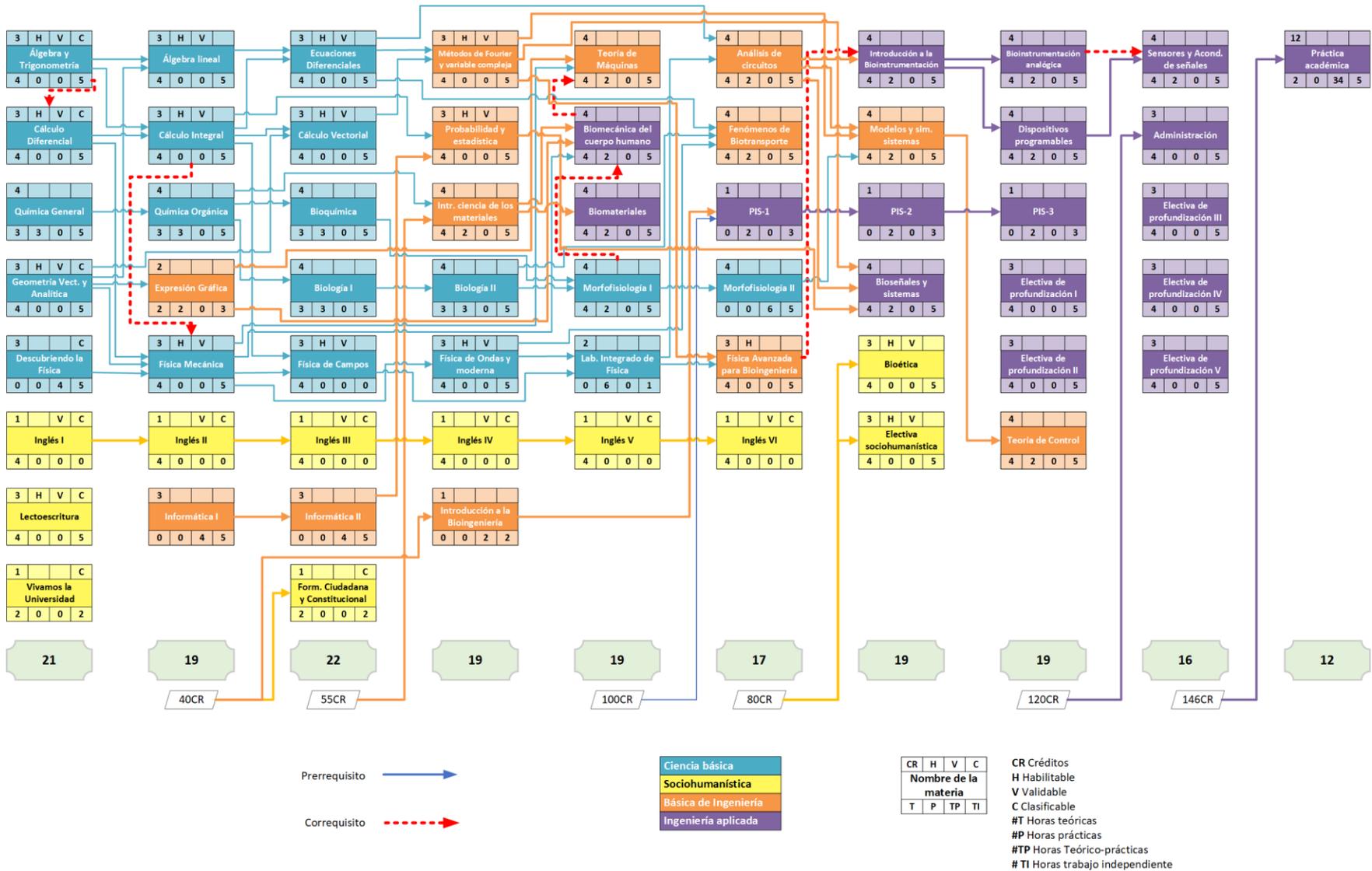


Figura 1 Distribución de asignaturas obligatorias en el plan de estudios versión 4.

Tabla 7 Plan de formación para el programa de Bioingeniería versión 4.

NIVEL 1												
CÓDIGO	NOMBRE	ÁREA	INTENSIDAD HORARIA SEMANAL				CR	CO-REQUISITOS (CO)	HABILITABLE (H)	CALIFICACIÓN		
			ACOM. DOCENTE			TI					PRE-REQUISITOS (PR)	VALIDABLE (V)
			T	P	TP							
2555101	Álgebra y Trigonometría	CIENCIAS BÁSICAS	4	0	0	5	3		(H-V-C)	CUANTITATIVA		
2555131	Cálculo Diferencial	CIENCIAS BÁSICAS	4	0	0	5	3	Álgebra y Trigonometría (CO) (2555101)	(H-V-C)	CUANTITATIVA		
2555121	Geometría Vectorial y Analítica	CIENCIAS BÁSICAS	4	0	0	5	3		(H-V-C)	CUANTITATIVA		
2522117	Química General	CIENCIAS BÁSICAS	3	3	0	5	4		NO	CUANTITATIVA		
2536101	Descubriendo la Física	CIENCIAS BÁSICAS	0	0	4	5	3		(C)	CUANTITATIVA		
2539101	Lectoescritura	SOCIOHUMANÍSTICA	4	0	0	5	3		(H-V-C)	CUANTITATIVA		
2538101	Inglés I	SOCIOHUMANÍSTICA	4	0	0	0	1		(V-C)	CUANTITATIVA		
2537101	Vivamos la Universidad	SOCIOHUMANÍSTICA	2	0	0	2	1		(C)	CUANTITATIVA		
TOTAL CRÉDITOS ACADÉMICOS DEL SEMESTRE							21	Hora de trabajo independiente por semana		32		

NIVEL 2												
CÓDIGO	NOMBRE	ÁREA	INTENSIDAD HORARIA SEMANAL				CR	CO-REQUISITOS (CO)	HABILITABLE (H)	CALIFICACIÓN		
			ACOM. DOCENTE			TI					PRE-REQUISITOS (PR)	VALIDABLE (V)
			T	P	TP							
2555221	Álgebra Lineal	CIENCIAS BÁSICAS	4	0	0	5	3	Álgebra y Trigonometría (2555101) (PR), Geometría Vectorial y Analítica (2555121) (PR)	(H-V)	CUANTITATIVA		
2555231	Cálculo Integral	CIENCIAS BÁSICAS	4	0	0	5	3	Álgebra y Trigonometría (PR) (2555101), Cálculo Diferencial (PR) (2555131)	(H-V)	CUANTITATIVA		
2522217	Química Orgánica	CIENCIAS BÁSICAS	3	3	0	5	4	Química General (2522117) (PR)	NO	CUANTITATIVA		
2536201	Física Mecánica	CIENCIAS BÁSICAS	4	0	0	5	3	Cálculo Diferencial (2555131) (PR), Geometría Vectorial y Analítica (2555121) (PR), Descubriendo la Física (2536101) (PR), Cálculo Integral (2555231) (CO)	(H-V)	CUANTITATIVA		
2523123	Informática I	BÁSICAS DE INGENIERÍA	0	0	4	5	3		NO	CUANTITATIVA		
2543172	Expresión Gráfica para Ingenieros	BÁSICAS DE INGENIERÍA	2	2	0	3	2	Geometría Vectorial y Analítica (2555121) (PR)	NO	CUANTITATIVA		
2538201	Inglés II	SOCIOHUMANÍSTICA	4	0	0	0	1	Inglés I (2538101) (PR)	(V-C)	CUANTITATIVA		
TOTAL CRÉDITOS ACADÉMICOS DEL SEMESTRE							19	Hora de trabajo independiente por semana		28		

NIVEL 3												
CÓDIGO	NOMBRE	ÁREA	INTENSIDAD HORARIA SEMANAL				CR	CO-REQUISITOS (CO)	HABILITABLE (H)	CALIFICACIÓN		
			ACOM. DOCENTE			TI					PRE-REQUISITOS (PR)	VALIDABLE (V)
			T	P	TP							
2547301	Ecuaciones Diferenciales	CIENCIAS BÁSICAS	4	0	0	5	3	Álgebra Lineal (2555221) (PR), Cálculo Integral (2555231) (PR)	(H-V)	CUANTITATIVA		
2555331	Cálculo Vectorial	CIENCIAS BÁSICAS	4	0	0	5	3	Geometría Vectorial y Analítica (2555121) (PR), Cálculo Integral (2555231) (PR)	(H-V)	CUANTITATIVA		
2522317	Bioquímica	CIENCIAS BÁSICAS	3	3	0	5	4	Química Orgánica (2522217) (PR)	NO	CUANTITATIVA		
2529320	Biología I	CIENCIAS BÁSICAS	3	3	0	5	4	Química Orgánica (2522217) (PR)	NO	CUANTITATIVA		
2536311	Física de Campos	CIENCIAS BÁSICAS	4	0	0	5	3	Cálculo Integral (2555231) (PR), Física Mecánica (2536201) (PR)	(H-V)	CUANTITATIVA		
2523223	Informática II	BÁSICAS DE INGENIERÍA	0	0	4	5	3	Informática I (2523123) (PR)	NO	CUANTITATIVA		
2517362	Formación Ciudadana y Constitución	SOCIOHUMANÍSTICA	2	0	0	2	1	40 créditos aprobados (PR)	(C)	CUALITATIVA		
2538301	Inglés III	SOCIOHUMANÍSTICA	4	0	0	0	1	Inglés II (2538201) (PR)	(V-C)	CUANTITATIVA		
TOTAL CRÉDITOS ACADÉMICOS DEL SEMESTRE							22	Hora de trabajo independiente por semana	32			

NIVEL 4												
CÓDIGO	NOMBRE	ÁREA	INTENSIDAD HORARIA SEMANAL				CR	CO-REQUISITOS (CO)	HABILITABLE (H)	CALIFICACIÓN		
			ACOM. DOCENTE			TI					PRE-REQUISITOS (PR)	VALIDABLE (V)
			T	P	TP							
2523409	Métodos de Fourier y Variable compleja	BÁSICAS DE INGENIERÍA	4	0	0	5	3	Ecuaciones Diferenciales (2547301) (PR), Cálculo Vectorial (2555331) (PR)	(H-V)	CUANTITATIVA		
2529420	Biología II	CIENCIAS BÁSICAS	3	3	0	5	4	Biología I (2529320) (PR)	NO	CUANTITATIVA		
2523416	Introducción a la Ciencia de los Materiales	BÁSICAS DE INGENIERÍA	4	2	0	5	4	Química Orgánica (2522217) (PR), 55 créditos aprobados	NO	CUANTITATIVA		
2536301	Física de Ondas y moderna	CIENCIAS BÁSICAS	4	0	0	5	3	Física Mecánica (2536201) (PR)	(H-V)	CUANTITATIVA		
2535331	Probabilidad y estadística	BÁSICAS DE INGENIERÍA	4	0	0	5	3	Cálculo Integral (2555231) (PR) Informática II (2523223) (PR)	(H-V)	CUANTITATIVA		
2523406	Introducción a la Bioingeniería	BÁSICAS DE INGENIERÍA	0	0	2	2	1	40 créditos aprobados	NO	CUANTITATIVA		
2538401	Inglés IV	SOCIOHUMANÍSTICA	4	0	0	0	1	Inglés III (2538301) (PR)	(V-C)	CUANTITATIVA		
TOTAL CRÉDITOS ACADÉMICOS DEL SEMESTRE							19	Hora de trabajo independiente por semana	27			

NIVEL 5												
CÓDIGO	NOMBRE	ÁREA	INTENSIDAD HORARIA SEMANAL				CR	CO-REQUISITOS (CO)	HABILITABLE (H)	CALIFICACIÓN		
			ACOM. DOCENTE			TI					PRE-REQUISITOS (PR)	VALIDABLE (V)
			T	P	TP							
2526520	Morfofisiología I	CIENCIAS BÁSICAS	3	3	6	5	4	Bioquímica (2522317) (PR), Biología II (2529420) (PR)	NO	CUANTITATIVA		
2523508	Biomecánica del Cuerpo Humano	INGENIERÍA APLICADA	4	2	0	5	4	Física Mecánica (2536201) (PR), Expresión Gráfica para Ing (2543172) (PR), Int. Ciencia de los materiales (2523416) (PR), Morfofisiología I (2526520) (CO)	NO	CUANTITATIVA		
2523515	Teoría de Máquinas	BÁSICAS DE INGENIERÍA	4	2	0	5	4	Física Mecánica (2536201) (PR), Expresión Gráfica para Ing (2543172) (PR), Biomecánica del Cuerpo Humano (2523508) (CO)	NO	CUANTITATIVA		
2523608	Biomateriales	INGENIERÍA APLICADA	4	2	0	5	4	Int. Ciencia de los materiales (2523416) (PR)	NO	CUANTITATIVA		
2536502	Laboratorio Integrado de Física	CIENCIAS BÁSICAS	0	6	0	1	2	Física de Campos (2536311) (PR), Física de Ondas y moderna (2536301) (PR)	NO	CUANTITATIVA		
2538501	Inglés V	SOCIOHUMANISTICA	4	0	0	0	1	Inglés IV (PR)	(V-C)	CUANTITATIVA		
TOTAL CRÉDITOS ACADÉMICOS DEL SEMESTRE							19	Hora de trabajo independiente por semana	21			

NIVEL 6												
CÓDIGO	NOMBRE	ÁREA	INTENSIDAD HORARIA SEMANAL				CR	CO-REQUISITOS (CO)	HABILITABLE (H)	CALIFICACIÓN		
			ACOM. DOCENTE			TI					PRE-REQUISITOS (PR)	VALIDABLE (V)
			T	P	TP							
2523605	Fenómenos de Biotransporte	BÁSICAS DE INGENIERÍA	4	2	0	5	4	Ecuaciones Diferenciales (2547301) (PR), Biología II (2529420) (PR), Física de Ondas y moderna (2536301) (PR)	NO	CUANTITATIVA		
2523613	Análisis de Circuitos	BÁSICAS DE INGENIERÍA	4	2	0	5	4	Ecuaciones Diferenciales (2547301) (PR), Laboratorio Integrado de Física (2536502) (PR)	NO	CUANTITATIVA		
2526620	Morfofisiología II	CIENCIAS BÁSICAS	0	0	6	5	4	Morfofisiología I (2526520) (PR)	NO	CUANTITATIVA		
2523617	Física Avanzada para Bioingeniería	BÁSICAS DE INGENIERÍA	4	0	0	5	3	Métodos de Fourier (2523409) (PR), Laboratorio Integrado de Física (2536502) (PR)	(H)	CUANTITATIVA		
2538601	Inglés VI	SOCIOHUMANISTICA	4	0	0	0	1	Inglés V (2538501) (PR)	(V-C)	CUANTITATIVA		
2523001	PIS-1	INGENIERÍA APLICADA	0	2	0	3	1	Introducción a la Bioingeniería (2523406) (PR), 100 créditos aprobados	NO	CUANTITATIVA		
TOTAL CRÉDITOS ACADÉMICOS DEL SEMESTRE							17	Hora de trabajo independiente por semana	23			

NIVEL 7										
CÓDIGO	NOMBRE	ÁREA	INTENSIDAD HORARIA SEMANAL				CR	CO-REQUISITOS (CO)	HABILITABLE (H)	CALIFICACIÓN
			ACOM. DOCENTE					PRE-REQUISITOS (PR)	VALIDABLE (V)	
			T	P	TP	TI		CRÉDITOS ACAD. (CR)	CLASIFICABLE (C)	
2523707	Bioseñales y Sistemas	INGENIERÍA APLICADA	4	2	0	5	4	Métodos de Fourier (2523409) (PR), Análisis de Circuitos (2523613) (PR), Probabilidad y Estadística (2535331) (PR)	NO	CUANTITATIVA
2523713	Introducción a la Bioinstrumentación	INGENIERÍA APLICADA	4	2	0	5	4	Análisis de Circuitos (2523613) (PR), Física Avanzada para Bioingeniería (2523617) (CO)	NO	CUANTITATIVA
2523519	Teoría de Modelos y Simulación de Sistemas	BÁSICAS DE INGENIERÍA	4	2	0	5	4	Métodos de Fourier (2523409) (PR), Análisis de Circuitos (2523613) (PR), Morfofisiología II (2526620) (PR)	NO	CUANTITATIVA
2523725	Bioética	SOCIOHUMANISTICA	4	0	0	5	3	80 créditos aprobados	(H-V)	CUANTITATIVA
	Electiva Sociohumanística	SOCIOHUMANISTICA	4	0	0	5	3	80 créditos cursados (Ver lista de oferta, 9002)	(H-V)	CUANTITATIVA
2523002	PIS-2	INGENIERÍA APLICADA	0	2	0	3	1	PIS-1 (2523001) (PR)	NO	CUANTITATIVA
TOTAL CRÉDITOS ACADÉMICOS DEL SEMESTRE							19	Hora de trabajo independiente por semana		28

NIVEL 8										
CÓDIGO	NOMBRE	ÁREA	INTENSIDAD HORARIA SEMANAL				CR	CO-REQUISITOS (CO)	HABILITABLE (H)	CALIFICACIÓN
			ACOM. DOCENTE					PRE-REQUISITOS (PR)	VALIDABLE (V)	
			T	P	TP	TI		CRÉDITOS ACAD. (CR)	CLASIFICABLE (C)	
	Electiva de Profundización I	INGENIERÍA APLICADA	4	0	0	5	3	(Ver lista de oferta, banco 9001)	NO	CUANTITATIVA
	Electiva de Profundización II	INGENIERÍA APLICADA	4	0	0	5	3	(Ver lista de oferta, banco 9001)	NO	CUANTITATIVA
2523810	Bioinstrumentación analógica	INGENIERÍA APLICADA	4	2	0	5	4	Introducción a la Bioinstrumentación (2523713) (PR)	NO	CUANTITATIVA
2523813	Dispositivos programables	INGENIERÍA APLICADA	4	2	0	5	4	Introducción a la Bioinstrumentación (2523713) (PR)	NO	CUANTITATIVA
2523821	Teoría de Control	INGENIERÍA APLICADA	4	2	0	5	4	Teoría de Modelos y Simulación de Sistemas (2523519) (PR)	NO	CUANTITATIVA
2523003	PIS-3	INGENIERÍA APLICADA	0	2	0	3	1	PIS-2 (2523002) (PR)	NO	CUANTITATIVA
TOTAL CRÉDITOS ACADÉMICOS DEL SEMESTRE							19	Hora de trabajo independiente por semana		28

NIVEL 9												
CÓDIGO	NOMBRE	ÁREA	INTENSIDAD HORARIA SEMANAL				CR	CO-REQUISITOS (CO)	HABILITABLE (H)	CALIFICACIÓN		
			ACOM. DOCENTE			TI					PRE-REQUISITOS (PR)	VALIDABLE (V)
			T	P	TP							
2523936	Administración	SOCIOHUMANISTICA	4	0	0	5	3	120 créditos aprobados	(H-V)	CUANTITATIVA		
2523804	Sensores y Acondicionamiento de Señales	INGENIERÍA APLICADA	4	2	0	5	4	Bioinstrumentación analógica (2523810) (CO), Dispositivos programables (2523813) (PR)	NO	CUANTITATIVA		
	Electiva de Profundización	INGENIERÍA APLICADA	4	0	0	5	3	(Ver lista de oferta, banco 9001)	NO	CUANTITATIVA		
	Electiva de Profundización	INGENIERÍA APLICADA	4	0	0	5	3	(Ver lista de oferta, banco 9001)	NO	CUANTITATIVA		
	Electiva de Profundización	INGENIERÍA APLICADA	4	0	0	5	3	(Ver lista de oferta, banco 9001)	NO	CUANTITATIVA		
TOTAL CRÉDITOS ACADÉMICOS DEL SEMESTRE							16	Hora de trabajo independiente por semana		25		

NIVEL 10												
CÓDIGO	NOMBRE	ÁREA	INTENSIDAD HORARIA SEMANAL				CR	CO-REQUISITOS (CO)	HABILITABLE (H)	CALIFICACIÓN		
			ACOM. DOCENTE			TI					PRE-REQUISITOS (PR)	VALIDABLE (V)
			T	P	TP							
	Práctica Académica	INGENIERÍA APLICADA	2	0	0	34	12	146 créditos aprobados del programa (PR)	NO	CUANTITATIVA		
TOTAL CRÉDITOS ACADÉMICOS DEL SEMESTRE							12	Hora de trabajo independiente por semana		34		

Tabla 8 Cursos electivos de profundización – Banco 9001

ELECTIVAS (BANCO 9001)										
CÓDIGO	NOMBRE	ÁREA	INTENSIDAD HORARIA SEMANAL			CR	CR	CO-REQUISITOS (CO)	HABILITABLE (H)	CALIFICACIÓN
			ACOM. DOCENTE					PRE-REQUISITOS (PR)	VALIDABLE (V)	
			T	P	TP			TI	CRÉDITOS ACAD. (CR)	
2523801	Electiva de Profundización I	INGENIERÍA APLICADA	4	0	0	5	3	120 créditos aprobados del programa (PR)	NO	CUANTITATIVA
2523907	Electiva de Profundización II	INGENIERÍA APLICADA	4	0	0	5	3	120 créditos aprobados del programa (PR)	NO	CUANTITATIVA
2523909	Electiva de Profundización III	INGENIERÍA APLICADA	4	0	0	5	3	120 créditos aprobados del programa (PR)	NO	CUANTITATIVA
2523911	Electiva de Profundización IV	INGENIERÍA APLICADA	4	0	0	5	3	120 créditos aprobados del programa (PR)	NO	CUANTITATIVA
2523913	Electiva de Profundización V	INGENIERÍA APLICADA	4	0	0	5	3	120 créditos aprobados del programa (PR)	NO	CUANTITATIVA
2523815	Cálculo Vectorial y Tensorial Aplicado	INGENIERÍA APLICADA	4	0	0	5	3	Biomecánica del Cuerpo Humano (2523508) (PR), Fenómenos de Biotransporte (PR) (2523605), Teoría de Modelos y simul. De sistemas (2523519) (PR), 120 créditos aprobados del programa	(H), (V)	CUANTITATIVA
2523818	Máquinas Eléctricas	INGENIERÍA APLICADA	0	0	4	5	3	Teoría de Máquinas (2523515) (PR), Física Avanzada para Bioing (2523617) (PR), 120 créditos aprobados del programa	NO	CUANTITATIVA
2523822	Teoría de Control Avanzado	INGENIERÍA APLICADA	0	0	4	5	3	Teoría de Control (2523821) (PR), 120 créditos aprobados del programa (PR)	NO	CUANTITATIVA
2523965	Normas Técnicas Hospitalarias	INGENIERÍA APLICADA	4	0	0	5	3	120 créditos aprobados del programa (PR)	NO	CUANTITATIVA
2523884	Gestión de Recursos Técnicos Hospitalarios	INGENIERÍA APLICADA	0	0	4	5	3	120 créditos aprobados del programa (PR)	NO	CUANTITATIVA
2523923	Metrología Biomédica	INGENIERÍA APLICADA	4	0	0	5	3	120 créditos aprobados del programa (PR)	NO	CUANTITATIVA
2523930	Equipos médicos hospitalarios	INGENIERÍA APLICADA	0	0	4	5	3	Dispositivos programables (2523813), 120 créditos aprobados del programa (PR)	NO	CUANTITATIVA
2523950	Comercialización de tecnología biomédica y empresarismo	INGENIERÍA APLICADA	4	0	0	5	3	Administración (2523936) (PR), 120 créditos aprobados del programa (PR)	NO	CUANTITATIVA
2523951	Logística Hospitalaria	INGENIERÍA APLICADA	4	0	0	5	3	Administración (2523936) (PR), 120 créditos aprobados del programa (PR)	NO	CUANTITATIVA
2523969	Sistemas Embebidos	INGENIERÍA APLICADA	0	0	4	5	3	Dispositivos Programables (2523813) (PR), 120 créditos aprobados del programa (PR)	NO	CUANTITATIVA
2523953	Procesamiento Digital de Señales	INGENIERÍA APLICADA	0	0	4	5	3	Bioseñales y Sistemas (2523707) (PR), Dispositivos Programables (2523813) (PR), 120 créditos aprobados del programa (PR)	NO	CUANTITATIVA
2523917	Procesamiento Digital de Imágenes	INGENIERÍA APLICADA	0	0	4	5	3	Bioseñales y Sistemas (2523707) (PR), 120 créditos aprobados del programa (PR)	NO	CUANTITATIVA
2523946	Introducción a la inteligencia artificial	INGENIERÍA APLICADA	0	0	4	5	3	Análisis de circuitos (2523613) (PR), Informática II (2523223) (PR), 120 créditos aprobados del programa (PR)	NO	CUANTITATIVA

2523918	Biomecánica computacional	INGENIERÍA APLICADA	0	0	4	5	3	Biomecánica del Cuerpo Humano (2523508) (PR), 120 créditos aprobados del programa (PR)	NO	CUANTITATIVA
2523987	Biomecánica Cardiovascular	INGENIERÍA APLICADA	4	0	0	5	3	Biomecánica del Cuerpo Humano (2523508) (PR), Fenómenos de Biotransporte (2523605) (PR) 120 créditos aprobados del programa (PR)	NO	CUANTITATIVA
2523931	Mecánica de fluidos computacional	INGENIERÍA APLICADA	0	0	4	5	3	Informática II (2523223) (PR), Fenómenos de Biotransporte (2523605) (PR), 120 créditos aprobados del programa (PR)	NO	CUANTITATIVA
2523932	Comportamiento de los Biomateriales	INGENIERÍA APLICADA	0	0	4	5	3	Biomateriales (2523608) (PR), 120 créditos aprobados del programa (PR)	NO	CUANTITATIVA
2523933	Diseño de Prótesis y Ortesis	INGENIERÍA APLICADA	4	0	0	5	3	Biomateriales (2523608) (PR), 120 créditos aprobados del programa (PR)	NO	CUANTITATIVA
2523919	Procesamiento de Biomateriales	INGENIERÍA APLICADA	0	0	4	5	3	Biomateriales (2523608) (PR), 120 créditos aprobados del programa (PR)	NO	CUANTITATIVA
2523956	Corrosión de Prótesis Metálicas	INGENIERÍA APLICADA	0	0	4	5	3	Biomateriales (2523608) (PR), 120 créditos aprobados del programa (PR)	NO	CUANTITATIVA
2523957	Tópicos Especiales en Bionanotecnología	INGENIERÍA APLICADA	4	0	0	5	3	Biomateriales (2523608) (PR), Física Avanzada para Bioingeniería (2523617) (PR), 120 créditos aprobados del programa (PR)	NO	CUANTITATIVA
2523959	Métodos Heurísticos	INGENIERÍA APLICADA	0	0	4	5	3	Probabilidad y estadística (2535331) (PR), Bioseñales y Sistemas (2523707) (PR), 120 créditos aprobados del programa (PR)	NO	CUANTITATIVA
2523935	Formulación y Producción de Nuevos Biomateriales	INGENIERÍA APLICADA	4	0	0	5	3	Biomateriales (2523608) (PR), 120 créditos aprobados del programa (PR)	NO	CUANTITATIVA
2523937	Ensayos Biológicos para Biomateriales	INGENIERÍA APLICADA	0	0	4	5	3	Biomateriales (2523608) (PR), 120 créditos aprobados del programa (PR)	NO	CUANTITATIVA
2523980	Ingeniería de software	INGENIERÍA APLICADA	0	0	4	5	3	Informática II (2523223) (PR)	NO	CUANTITATIVA

Tabla 9 Cursos electivos sociohumanísticos – Banco 9002

CÓDIGO	ASIGNATURA	T	P	TP	C	PRERREQUISITOS Y CORREQUISITOS
2566329	Autocuidado, salud pública, seguridad industrial y atención de emergencias	0	0	4	3	60 créditos aprobados del programa (PR)
2566330	Creatividad para emprender	0	0	4	3	60 créditos aprobados del programa (PR)
2566341	Emprendimiento	0	0	4	3	80 créditos aprobados del programa
2566342	Plan de Negocios	0	0	4	3	120 créditos aprobados del programa (PR)
2566331	Economía social y desarrollo humano	4	0	0	3	60 créditos aprobados del programa (PR)
2566332	Geopolítica mundial (Español)	4	0	0	3	60 créditos aprobados del programa (PR)
2566333	Geopolítica mundial (Inglés)	4	0	0	3	60 créditos aprobados del programa (PR), 2538601 Inglés VI (PR)
2566334	Geografía e historia de Medellín	4	0	0	3	60 créditos aprobados del programa (PR)
2566335	Responsabilidad ambiental (Inglés)	4	0	0	3	60 créditos aprobados del programa (PR), 2538601 Inglés VI (PR)
2566111	La ingeniería en la literatura y el cine	4	0	0	3	60 créditos aprobados del programa (PR)
2566112	Aficiones, afecciones y adicciones del sujeto	4	0	0	3	60 créditos aprobados del programa (PR)

	contemporáneo y el vínculo social					
2566113	Habilidades sociales y herramientas comunicativas	4	0	0	3	60 créditos aprobados del programa (PR)
2566114	Responsabilización del sujeto en la construcción social y política	0	0	4	3	60 créditos aprobados del programa (PR)
2566115	Genius of the Industry (History of the Great Inventions)	0	0	4	3	60 créditos aprobados del programa (PR), 2538601 Inglés VI (PR)
2566116	El siglo XX en Estados Unidos a través del cuento(Inglés)	4	0	0	3	60 créditos aprobados del programa (PR), 2538601 Inglés VI (PR)
2566104	La Escultura Contemporánea en la Ingeniería	2	0	0	2	60 créditos aprobados del programa (PR)
2566328	Historia de la Ingeniería en Colombia. De la época prehispánica a la actualidad	4	0	0	3	60 créditos aprobados del programa (PR)
2566250	Ciencia y técnica. Modernidad y revoluciones industriales.	4	0	0	3	60 créditos aprobados del programa (PR)
2566312	Historia de la Industrialización en Colombia.	4	0	0	3	60 créditos aprobados del programa (PR)
2566201	Historia de la modernización en Colombia.	4	0	0	3	60 créditos aprobados del programa (PR)
2566105	Vida, hombre y sociedad en la formación de ingenieros.	4	0	0	3	60 créditos aprobados del programa (PR)
2566106	Rotación Deportiva	4	0	0	3	60 créditos aprobados del programa (PR)
2566101	La Ingeniería en Colombia: una perspectiva histórica	4	0	0	3	60 créditos aprobados del programa (PR)
2566102	Música Experimental y Digital	4	0	0	3	60 créditos aprobados del programa (PR)
2566103	Actividades Atléticoas y Formación Deportiva	2	2	0	3	60 créditos aprobados del programa (PR)
2566336	Artes escénicas y capacidades expresivas	4	0	0	3	60 créditos aprobados del programa (PR)
2566337	Filósofos presocráticos	4	0	0	3	60 créditos aprobados del programa (PR)
2566338	La danza del cuerpo: ritmos populares latinos	4	0	0	3	60 créditos aprobados del programa (PR)
2566339	Leonardo da Vinci	4	0	0	3	60 créditos aprobados del programa (PR)
2566340	Pedagogía para ingenieros	4	0	0	3	60 créditos aprobados del programa (PR)
2505900	Formación Humana Cultural y Política	4	0	0	3	60 créditos aprobados del programa (PR)
2505910	Historia e Ingeniería	4	0	0	3	60 créditos aprobados del programa (PR)
2566343	Sociohumanística I	4	0	0	3	60 créditos aprobados del programa (PR)
2566344	Sociohumanística II	4	0	0	3	60 créditos aprobados del programa (PR)
2544150	Proyectos de Ingeniería Integrados a la comunidad PICC	2	0	0	2	100 créditos aprobados del programa (PR)

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.

Interdisciplinarietà: la interdisciplinarietà 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 la Facultad de Ingeniería cuenta con una infraestructura física (Tabla 10) que permite apoyar la labor docente de los programas de Ingeniería en general y del programa de Bioingeniería en particular. La Facultad de Medicina también apoya al programa de Bioingeniería y sus espacios también están disponibles; esta facultad cuenta con el laboratorio de Morfología y el laboratorio de simulación que aportan los espacios necesarios para los cursos que involucran el área de salud humana. Por su parte en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales se cuenta con los laboratorios de física, química y biología que además de apoyar a los cursos de ciencias básicas, también dan un apoyo para el desarrollo de proyectos.

Tabla 10 Infraestructura física y de equipos de cómputo de la Facultad de Ingeniería.

Tipo de Recurso	Cantidad	Medios	Capacidad Personas	m ²
Aulas	58	Cámara, Pc, Video Beam, Sonido, micrófono de solapa	35, 45, 60 c/u	3389
Salas de Dibujo	2	N/A	30 c/u	139,69
Auditorios	4	Cámara, Pc, Video Beam, Sonido, micrófonos	180 c/u	1,066
Salas de Cómputo	9	Cámara, Pc, Video Beam, Sonido	48, 40, 24, 28 c/u	864
Salas de Videoconferencia	4	Cámaras, micrófonos, sonido, equipo de Streaming	20,18, 3 c/u	292,14
CENDOI	1	Televisor, Portátiles	180 puestos de trabajo	232,5

El Programa administra directamente tres laboratorios que apoyan directamente la docencia, la investigación y la extensión. El laboratorio de Bioinstrumentación está distribuido en tres espacios, dos salas para desarrollo de prácticas de laboratorio y proyectos y el otro para la administración y almacenamiento de componentes electrónicos. La sala 1 para prácticas del laboratorio y desarrollo de proyectos cuenta con capacidad para 16 estudiantes, tiene un área de 29,6 m², está dotado con ocho bancos de trabajo; la sala 2 cuenta con un área de 21,6 m² con una capacidad de alojamiento de 12 estudiantes y con seis bancos de trabajo; mientras que el espacio de administración dispone de un área de 12,8 m². El laboratorio de Biomateriales ocupa un espacio de 83 m² y tiene una capacidad para 16 estudiantes, donde hay una zona para el almacenamiento de reactivos e insumos del laboratorio de 10 m² y el espacio restante es utilizado para la realización de laboratorios y de proyectos de investigación. El laboratorio de Ingeniería Clínica dispone de un área de 22 m² y cuenta con una capacidad para 15 personas y se usa para apoyar proyectos de investigación, extensión y cursos de docencia y cuenta con 5 computadores, un videobeam móvil y un televisor para videoconferencias.

El Programa de Bioingeniería cuenta con el apoyo del sistema de Bibliotecas de la Universidad el cual agrupa 18 Biblioteca, integradas y coordinadas para facilitar el acceso a la información y al conocimiento y dinamizar los procesos de investigación e innovación en la Universidad. El sistema de Bibliotecas cuenta con colecciones bibliográficas generales y especializadas en formato físico y de acceso virtual. El físico está compuesto por más de

200.000 títulos y más de 700.000 volúmenes. El de acceso virtual y electrónico cuenta con más de 100.000 referencias. 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 dentro de la Universidad o por medio del acceso remoto vía internet a todos los recursos bibliográficos, físicos y virtuales, como libros, revistas científicas y bases de datos; 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. La información bibliográfica existente puede consultarse en el catálogo público OPAC <http://opac.udea.edu.co>

Desde el 2016 la Universidad de Antioquia hace parte del Consorcio Nacional de Bibliotecas Universitarias, el cual permite el acceso a los cinco editores más importantes del mundo: Oxford University Press, Taylor & Francis, Springer Nature, Elsevier y Sage Publishing. Cualquier integrante de la comunidad universitaria puede acceder a estos desde un dispositivo con acceso a internet con su usuario y contraseña.

Desde el 2018 la Universidad de Antioquia se asocia al proceso de más de 40 bibliotecas de las instituciones de educación superior de Antioquia, las cuales trabajan cooperativamente en la gestión del conocimiento y la transferencia cultural. Su principal objetivo es crear espacios de encuentro, diálogo y reflexión para la creación de políticas culturales bibliotecarias que estén en permanente interlocución con el contexto colombiano, generando nuevos vínculos a nivel nacional e internacional que aporten a la consolidación de las bibliotecas universitarias, la formación de usuarios y el acceso a la información.

Por otro lado, el sistemas de Bibliotecas de la Universidad hace parte del G8, que es un grupo de trabajo cooperativo creado en junio de 2005, conformado por las bibliotecas que hacen parte del Convenio G8 suscrito por los rectores de 8 instituciones de educación superior de la ciudad de Medellín y del Valle de Aburrá, permitiendo el préstamo interbibliotecario entre las bibliotecas pertenecientes presentado solo el carné que certifique al usuario como miembro de una de las instituciones. Dichas instituciones son: la corporación universitaria Lasallista, la universidad EIA, la universidad CES, la universidad Pontificia Bolivariana, la universidad de Medellín, la universidad Nacional de Colombia sede Medellín, la Universidad EAFIT y la Universidad de Antioquia.

La Facultad de Ingeniería cuenta también con el Centro de Documentación de Ingeniería "Fabio Ramírez Ocampo" –CENDOI– que es una unidad de información especializada cuya labor documental consiste en la búsqueda, recuperación y obtención de información científica que apoye al desarrollo de la investigación en la Facultad. El CENDOI 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. Posee 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 180 usuarios, quienes pueden disponer de 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.

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 Comunicaciones que se encarga de administrar la información interna y externa de la Facultad, utilizando medios tradicionales y digitales como el periódico Ingeniemos, Ingeniemos Radio, Boletín electrónico Ingeniemos, además de las redes sociales (Facebook, Instagram, Twitter, YouTube). En estos medios de comunicación se presentan los diferentes avances, logros, desarrollos y proyectos gestados al interior de la Facultad por parte de sus diferentes estamentos (estudiantes, profesores, personal administrativo, egresados, jubilados). Además, se cuenta con un sistema de carteleras y la Revista de la Facultad de Ingeniería -redin-.

El Programa de Bioingeniería, usa todo el sistema de información y comunicación de la Universidad y la Facultad; además dispone de carteleras ubicadas en la secretaría 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.

4.2.5 Uso de TIC para el desarrollo de los contenidos curriculares

En el 100% de las asignaturas del Programa de Bioingeniería se utilizan TICs como apoyo para dictar sus cursos. Actualmente el Programa de Bioingeniería cuenta con cursos que utilizan ambientes virtuales de aprendizaje como la plataforma Moodle, el Classroom de Google y Microsoft Teams para alojar recursos educativos digitales, material de apoyo, talleres y permiten el intercambio de información; en estos ambientes 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. Dicho contrato fue modificado en el 2022 y permite el almacenamiento de información para los profesores de hasta 15 GB, 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. Recientemente la Universidad firmó contrato con la empresa Microsoft para poder utilizar las herramientas de OneDrive y Office 365 de manera Masiva. Cada integrante de la Universidad tiene la posibilidad de almacenar 1TB de información en dicha plataforma y cuenta también con la herramienta Microsoft Teams para la realización de videoconferencias, creación de clases e intercambio de información.

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

La investigación es uno de los tres ejes misionales de la Universidad y ha sido un pilar fundamental de la transformación curricular del Programa de Bioingeniería a lo largo del tiempo. Se ha fortalecido la investigación mediante la interacción con redes de trabajo tanto académica como industrialmente propiciando una participación cada vez mayor de estudiantes y profesores en proyectos de investigación que generan impacto en la sociedad y que permiten la visualización de las posibilidades y las competencias que los futuros egresados deben tener. Desde el currículo se ha diseñado el programa de tal manera que los estudiantes puedan tener una investigación formativa a lo largo de su carrera mediante la incorporación del método científico, la planeación y ejecución de proyectos en los cursos, en los PIS y en la práctica académica.

Dos de las cinco modalidades de práctica académica son 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. Estas modalidades poseen un fuerte componente investigativo y de innovación que les puede servir a los estudiantes en su primer empleo o en el caso de que opten por continuar su formación a nivel de posgrado.

Los PIS, tal como se mencionó anteriormente en la sección de Modalidades y métodos docentes –Didácticas–, son parte fundamental de la formación del Bioingeniero de la Universidad de Antioquia, y constituyen una de las metodologías de enseñanza implementada

en el Programa, con las cuales los estudiantes han podido conocer la problemática del entorno por medio de la investigación y la cooperación con otras instituciones, empresas del sector médico y los grupos de investigación del Programa que apoyan constantemente la realización de los proyectos PIS. Incluso, muchos de estos proyectos de los que participan los estudiantes se enmarcan en los grandes proyectos de investigación financiados por la Universidad de Antioquia o por otros entes externos, como Minciencias, el Sistema General de Regalías, Ruta N, entre otros.

Los PIS están diseñados bajo el modelo pedagógico de aprendizaje basado en problemas, donde el estudiante participa en la definición del problema a resolver, propone diferentes alternativas de solución, analiza cada una de las alternativas enunciadas, organiza los conocimientos que va adquiriendo en las asignaturas y trabaja en grupos de manera cooperativa para resolver el problema. Este proceso fomenta el desarrollo de habilidades de observación, análisis y reflexión. La metodología planteada permite establecer relaciones de confianza entre los estudiantes, donde se aprovechan las experiencias y conocimientos de todos los integrantes, y se fomenta la auto coordinación mediante asignación de actividades dentro del grupo de trabajo. Los estudiantes son asesorados por los profesores del Programa en las asignaturas de PIS en los semestres VI, VII y VIII. PIS I está enfocado hacia el conocimiento de la metodología de la investigación de manera formativa y su producto final es una propuesta de proyecto que es ejecutada en el PIS II. Consecuentemente, el PIS III se enfoca en el aprovechamiento de resultados de investigación mediante la formación en emprendimiento.

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 PIS. Adicionalmente, desde un nivel institucional, los estudiantes pueden participar en la Red de semilleros, convocatorias de jóvenes investigadores del CODI y convocatorias internas de financiación de trabajos de grado.

El Programa cuenta con el aporte de tres 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.

Categoría: B Colciencias.

Creado: 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

Grupo de Investigación en Bioinstrumentación e Ingeniería Clínica GIBIC.

Categoría: A Colciencias.

Creado: 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 de salud.

Líneas de Investigación:

- Computación y procesamiento de datos biomédicos
- Desarrollo de dispositivos médicos
- Gestión de tecnología en salud
- Herramientas para el entrenamiento y la formación
- Modelado y simulación de sistemas biomédicos
- Rehabilitación física y biomecánica deportiva

Grupo de Investigación SISTEMIC.

Categoría: A1 Colciencias.

Creado: 2003.

Objetivo: Establecer un ambiente propicio para la formación de investigadores y la generación de conocimiento en el campo de la Ingeniería, particularmente en áreas tales como los Sistemas Embebidos, Inteligencia Computacional, Computación Paralela y Procesamiento de Señales.

Líneas de Investigación:

- Computación paralela
- Inteligencia computacional
- Procesamiento digital de señales
- Sistemas embebidos
- Metagenómica y genómica comparativa
- Territorios y ciudades inteligentes

4.2.7 Extensión, prácticas y proyección social

La extensión es parte de la misión institucional, se articula con los procesos de docencia e investigación y favorece las relaciones de reciprocidad con la sociedad. Las dependencias universitarias desarrollan programas y proyectos de extensión relacionados con las áreas del saber que administran, y que por su trayectoria puedan ofrecer propuestas o soluciones a las verdaderas necesidades de la sociedad. Los resultados de dichos proyectos pueden utilizarse para la innovación del currículo buscando que el programa de Bioingeniería sea cada vez más pertinente y permita que sus egresados puedan resolver con acierto los problemas más apremiantes de la región favoreciendo la apropiación social del conocimiento, el desarrollo territorial y el mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades.

La Vicerrectoría de Extensión de la Universidad de Antioquia promueve la realización de la extensión a través de 4 divisiones:

- División de interacción social
- División de innovación
- División de cultura y patrimonio
- División de egresados

La división de interacción social apoya el trabajo de los programas para propiciar el diálogo con organismos, asociaciones, instituciones, comunidades, grupos locales, nacionales e internacionales con el fin de establecer intercambios de conocimiento, saberes y prácticas. La división de innovación contribuye con el desarrollo socioeconómico de los territorios a partir de soluciones basadas en conocimiento, generados en y desde la Universidad, gestionando recursos, proyectos y servicios de innovación, fomentando la cultura innovadora e implementando estrategias de articulación y desarrollo conjunto con actores del ecosistema de innovación. La División de cultura y patrimonio tiene como objeto fundamental el estudio cultural desde la conceptualización, la praxis cultural para la proyección, producción y promoción de las culturas; la divulgación para el relacionamiento, el fomento y proyección de la cultura entre la universidad y la sociedad. Finalmente, la división de egresados es el enlace permanente entre los egresados y la universidad, mediante a implementación de estrategias que fortalezcan la comunicación y el relacionamiento con este grupo de interés, visibilicen su participación, presencia e impacto en la sociedad, motiven su vinculación en las actividades universitarias y orienten el desarrollo y fortalecimiento de sus competencias.

Desde la Facultad de Ingeniería por intermedio del CIA y el CESET se articulan las actividades de extensión, tales como asesorías, consultorías, investigación aplicada en empresas, educación continua por medio de cursos, seminarios y diplomados; las prácticas académicas y los proyectos de investigación. Los profesores del programa de Bioingeniería participan en dichas actividades de manera activa ya sea diseñando diplomados, cursos de educación continua, o mediante la participación a través de los grupos de investigación para consultorías. Los estudiantes de Bioingeniería pueden participar en proyectos de extensión coordinados por los profesores del Programa.

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 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.

Por otro lado, desde la práctica académica, hay dos modalidades que se enfocan a aportar soluciones desde los estudiantes a las necesidades de la sociedad y de la industria. En la modalidad de práctica social 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. En la modalidad de semestre de industria, además de ser un espacio de desarrollo de habilidades de los estudiantes y de contacto directo con los empleadores, ha generado un impacto social bastante significativo en la industria con respuestas eficientes a los problemas de las empresas del sector.

4.2.8 Internacionalización del currículo

La Universidad de Antioquia definió en el año 2021 unos lineamientos institucionales para la internacionalización del currículo [8] en la que se reconoce que existe una necesidad de la sociedad actual en el que la educación superior debe formar egresados con competencias internacionales, globales e interculturales para asumir un rol activo en el ejercicio de su ciudadanía y de su profesión en diversos contextos culturales, laborales y sociales. Dichos lineamientos buscan que los currículos de los programas incluyan estrategias educativas que aporten el aseguramiento de la calidad de los programas académicos y requiere de cierta flexibilidad normativa, administrativa y académica del cuerpo docente, el aprovechamiento y la gestión de relaciones de cooperaciones sólidas con otras instituciones, bajo enfoques de calidad y pertinencia.

El programa de Bioingeniería ha empezado a adherirse a dichos lineamientos y por tal motivo tiene un profesor del programa que se encarga de servir de enlace con los procesos involucrados en la internacionalización del currículo. Dichos procesos son discutidos de igual manera en el comité de carrera del Programa para la redefinición constante de las estrategias académicas que promuevan la internacionalización.

El programa actualmente está definiendo estrategias para incluir la internacionalización dentro del currículo de Bioingeniería. Dichas estrategias se resumen en la Tabla 11.

Una de las estrategias más importantes para asegurar la internacionalización del currículo es la consecución, divulgación y utilización de convenios de movilidad nacional e internacional. 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 permitiendo la realización de proyectos de investigación, participación en cursos de capacitación y docencia de cursos.

Con relación a los convenios en los que participa la Universidad, se debe destacar el convenio “Sígueme” para intercambio estudiantil vigente desde el año 2000, el cual permite realizar un semestre académico en las universidades del país que hacen parte de dicho convenio, sin ningún costo adicional al de la matrícula que normalmente paga en la universidad de origen. A nivel internacional, la Dirección de Relaciones internacionales ha logrado la consecución de convenios internacionales que permiten la cooperación en doble vía. Dichos convenios son actualizados permanentemente en el portal universitario⁸. Los estudiantes y profesores interesados en participar en alguno de dichos convenios pueden verificar en cada uno de ellos los requerimientos específicos que son necesarios para gozar del convenio.

⁸ <https://portal.udea.edu.co/wps/portal/udea/web/inicio/internacional/convenios-internacionales>

Tabla 11 Estrategias para incentivar la internacionalización del currículo en el programa de Bioingeniería

Nombre estrategia	Descripción
Gestión y servicios para la internacionalización	Apoyar y acogerse a los procesos de gestión directiva de la unidad de movilidad nacional e internacional de la facultad de ingeniería -UMNI- y de la dirección de relaciones internacionales de la Universidad. Dicho apoyo se realiza mediante la intervención del profesor enlace de movilidad nacional e internacional.
Espacios curriculares con bilingüismo	Incentivar el desarrollo de una segunda lengua, específicamente el inglés, a través de la inclusión de cursos de inglés en el currículo y del fomento de este idioma en el diseño del material docente para la enseñanza y la evaluación.
Estrategias de interculturalidad	Promover el desarrollo de competencias interculturales con apoyo de la dirección de Bienestar Universitario y Bienestar de la Facultad de Ingeniería mediante la realización de actividades que fortalezcan estas habilidades. Adicionalmente, incluir interacciones interculturales en varios cursos del plan de estudio.
Estrategias de vinculación y desarrollo del talento humano	Fomentar la vinculación de profesores que hayan estudiado en el exterior y fomentar el desarrollo de nuevas habilidades académicas de los profesores a nivel internacional mediante la participación en seminarios, congresos, cursos espejo y similares.
Movilidad, misiones, pasantías profesores y estudiantes	Fortalecer, difundir y utilizar los convenios de movilidad entre instituciones que permitan tener experiencias internacionales para estudiantes y profesores desde los ámbitos académicos e investigativos. De igual manera, fomentar la movilidad entrante de personal académico que enriquezca el quehacer del programa de Bioingeniería. Esto permitirá tener semestre de intercambio, pasantías de investigación, cursos cortos internacionales, misión académica o científica, asistencia a eventos internacionales, conferencistas o profesores visitantes, estancias académicas, consultorías internacionales, formación doctoral y posdoctoral de profesores.
Gestión de la cooperación internacional académica	Gestionar la consecución de nuevos convenios de colaboración internacional entre instituciones, creando alianzas académicas y científicas. Gestionar oportunidades y recursos en beneficio de la comunidad académica del programa de Bioingeniería. Fortalecer los procesos de internacionalización y calidad del programa de Bioingeniería.
Certificaciones y acreditaciones internacionales	Buscar mejorar la calidad del programa y acercarse a estándares internacionales que en un futuro permitan obtener una acreditación internacional. Para lograrlo es necesario incrementar el reconocimiento y prestigio internacional del programa de Bioingeniería en general y de sus profesores y egresados en particular. Además, se necesita aumentar la colaboración, la movilidad, la investigación conjunta internacional, así como el aprendizaje mutuo. Finalmente, es necesario realizar una constante comparación con otras instituciones y programas de Bioingeniería e Ingeniería Biomédica que sean reconocidos a nivel global.
Rutas de Formación	Promover la realización de diferentes rutas de formación como lo son las dobles titulaciones, las cotutelas de tesis, posibles titulaciones conjuntas, los cursos espejo con otras instituciones que permitan las homologaciones automáticas de créditos y evaluaciones.

En la Facultad de Ingeniería, a través de la UMNI, se fomenta la creación de convenios que sean específicos para los programas de la facultad de Ingeniería y que permiten la colaboración con otras instituciones internacionales. En la Tabla 12 se resumen los convenios vigentes a la fecha en los cuales puede participar los miembros del programa de Bioingeniería. Es importante resaltar que actualmente el programa cuenta con 3 convenios para la realización de doble titulación pregrado-maestría en formato de movilidad vertical,

es decir que permiten enlazar el nivel de pregrado para alcanzar un nivel de maestría más rápido. Para que los estudiantes puedan participar de dicha doble titulación deben cumplir con los pasos y requisitos que define la normatividad de movilidad de la facultad de Ingeniería que actualmente está reglamentada en el acuerdo 1003 del 04 de marzo de 2021.

Tabla 12 Convenios internacionales propios de la Facultad de Ingeniería a los cuales el programa de Bioingeniería tiene acceso.

País	Universidad/Empresa	Tipo de convenio	Nombre del Convenio	Fecha vencimiento
Alemania	Technische Universität München	Memorando	Acuerdo de Cooperación Académica entre Universidad Técnica de Múnich y Universidad de Antioquia	14/08/2024
Alemania	Heilbronn University of Applied Sciences	Marco	Acuerdo marco de cooperación entre Universidad de Antioquia (Colombia) y Heilbronn Universidad de Ciencias Aplicadas (Alemania)	19/02/2025
Argentina	Universidad Nacional de Río Negro	Marco	Acuerdo marco de cooperación n° 010-2021 Universidad de Antioquia (Colombia) - Universidad Nacional de Río Negro (Argentina)	10/09/2026
Bélgica	Universiteit Antwerpen	Específico	Memorando de entendimiento universiteit antwerpen (belgica) y universidad de antioquia (colombia)	31/08/2025
Brasil	Universidade Tecnológica Federal do Paraná	Marco	Acuerdo Marco de Cooperación entre la Universidad de Antioquia (Colombia) y la Universidad Tecnológica Federal del Paraná (Brasil)	24/04/2023
Brasil	Universidade Federal do Rio de Janeiro	Marco	Convenio Marco de Cooperación Académica e Intercambio Académico Técnico, Científico y Cultural entre la Universidad Federal de Rio de Janeiro y la Universidad de Antioquia	03/10/2023
Brasil	Universidade Federal do Rio Grande	Marco	Convenio marco entre la Universidad de Antioquia (Colombia) y la Universidade Federal do Rio Grande (Brasil)	19/07/2026
Brasil	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo	Específico	Convenio Académico Internacional entre la Escola Politécnica de la Universidad de Sao Paulo (Brasil) y la Universidad de Antioquia (Colombia).	09/03/2023
España	Universidad Politécnica de Madrid	Marco	Convenio marco de colaboración internacional entre la Universidad Politécnica de Madrid, España y la Universidad de Antioquia Colombia	26/03/2023
España	Universidad Politécnica de Madrid	Marco	Convenio marco de colaboración internacional entre la Universidad Politécnica de Madrid, España y la Universidad de Antioquia Colombia	26/03/2023
España	Universidad politécnica de Cartagena	Marco	Protocolo general de actuación N° 006-2022 entre la universidad politécnica de Cartagena, España, y la universidad de Antioquia, Colombia, en el ámbito de la colaboración académica	30/01/2026
España	Universidad Politécnica de Madrid	Específico	Convenio específico de colaboración internacional entre la Universidad Politécnica de Madrid, España y la Universidad de Antioquia Colombia	26/03/2023
España	Universidad de Córdoba	Específico	Convenio específico de intercambio entre la Universidad de Córdoba (Córdoba, España) y la Universidad de Antioquia (Medellín, Colombia)	19/05/2025
Francia	Institut Mines Télécom-IMT	Marco	Convenio Marco de Cooperación Científica y Académica entre Institut Mines-Télécom y Universidad de Antioquia	04/07/2022
Francia	Institut Mines Télécom-IMT	Específico	Convenio Específico de Cooperación Científica y Académica entre Institut Mines-Télécom y Universidad de Antioquia	04/07/2022
Francia	Institut National des Sciences Appliquées - INSA	Marco	Acuerdo Marco de Cooperación entre la Universidad de Antioquia y el Grupo de los Institutos Nacionales de Ciencias Aplicadas-INSA, Francia	20/09/2022
Francia	Institut National des Sciences Appliquées - INSA	Específico	Convenio de doble titulación entre la Universidad de Antioquia y el Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas Centre Val de Loire	04/12/2024
Francia	Institut de Recherche pour le Développement-IRD	Adenda	Adenda No Uno al Convenio Marco de Cooperación Científica entre el Institut de Recherche Pour le	15/12/2022

			Développement (IRD) (Francia) y la Universidad de Antioquia (UdeA) (Colombia)	
Francia	Ecole Nationale d'Ingénieurs de Metz	Específico	Convenio de doble Titulación entre la Escuela Nacional de Ingenieros de Metz (ENIM) y la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia (UdeA)	12/02/2023
Francia	Institut National Universitaire Champollion	Marco	Acuerdo marco de cooperación entre la Universidad de Antioquia (Colombia) y el Instituto Nacional Universitario Champollion (Francia)	26/07/2023
Italia	Politecnico di Torino	Específico	Acuerdo de doble titulación entre el Politecnico di Torino, Torino, Italia, y la Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia	13/08/2024
Italia	Politecnico di Milano	Específico	Convenio específico para intercambio de estudiantes entre el Politecnico di Milano (Scuola di Ingegneria Industriale e dell'informazione), Italia, y la Universidad de Antioquia (Facultad de Ingeniería)	10/12/2025
México	Universidad Veracruzana	Marco	Convenio Marco de Cooperación entre la Universidad de Antioquia, Colombia y la Universidad Veracruzana, México	12/01/2023
México	Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica	Marco	Convenio Marco de Cooperación Académica entre la Universidad de Antioquia (Colombia) y el Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica (México)	27/07/2023
México	Universidad Nacional Autónoma de México	Marco	Convenio de prórroga al convenio general de colaboración académica, científica y cultural que celebran la Universidad Nacional Autónoma de México y la Universidad de Antioquia, Colombia	29/11/2023
México	Centro de Tecnología Avanzada CIATEQ A.C.	Marco	Convenio general de colaboración científica y Tecnológica entre CIATEQ A.C. (México) y Universidad de Antioquia (Colombia)	21/08/2024
México	Universidad Autónoma de Baja California	Específico	Convenio de Intercambio Estudiantil entre la Universidad Autónoma de Baja California, México, y la Universidad de Antioquia, Colombia	07/07/2022
México	Instituto Politécnico Nacional-IPN	Específico	Acuerdo específico en materia de movilidad de estudiantes entre el Instituto Politécnico Nacional de los Estados Unidos Mexicanos y la Universidad de Antioquia de la República de Colombia	16/07/2023
Nicaragua	Universidad Nacional de Ingeniería	Marco	Convenio marco de cooperación interinstitucional Universidad de Antioquia (Colombia) - Universidad Nacional de Ingeniería (Nicaragua)	10/06/2024
Perú	Universidad Continental	Marco	Acuerdo Marco de Cooperación Interinstitucional entre la Universidad De Antioquia (Colombia) - Universidad Continental (Perú)	10/04/2024
Perú	Universidad Tecnológica del Perú-IDAT	Marco	Acuerdo marco de cooperación entre la Universidad de Antioquia (Colombia) y Universidad Tecnológica del Perú-IDAT (Perú)	24/07/2024
Perú	Universidad Tecnológica del Perú-IDAT	Específico	Convenio específico n° 20 entre la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia (Colombia) e IDAT (Perú)	03/08/2023
Perú	Universidad de Ingeniería y Tecnología	Marco	Convenio Marco de Cooperación N° 01-2020 entre la Udea y la UTEC	30/07/2025
Perú	Universidad San Ignacio de Loyola-USIL	Marco	Convenio marco de cooperación académica entre Universidad San Ignacio de Loyola S.A. (Lima, Perú) y Universidad de Antioquia (Medellín, Colombia)	23/07/2026
Perú	Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM)	Específico	Acuerdo Marco de Cooperación entre la Universidad de Antioquia (Colombia) y Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Perú)	10/06/2024
Perú	Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM)	Específico	Acuerdo Marco de Cooperación entre la Universidad de Antioquia (Colombia) y Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Perú)	10/06/2024
Perú, Argentina, Colombia	Instituto Tecnológico Metropolitano - ITM, la Universidad de Antioquia, la Institución Universitaria Pascual Bravo, la Institución Universitaria Colegio Mayor De Antioquia, la Universidad San Ignacio de Loyola, la Universidad Nacional Arturo Jauretche, y la	Específico	Convenio de cooperación celebrado entre el Instituto Tecnológico Metropolitano - ITM, la Universidad de Antioquia, la Institución Universitaria Pascual Bravo, la Institución Universitaria Colegio Mayor De Antioquia, la Universidad San Ignacio de Loyola, la Universidad Nacional Arturo Jauretche, y la Pontificia Universidad Católica del Perú, para la organización y ejecución de la escuela internacional en transformación digital	28/07/2023

	Pontificia Universidad Católica del Perú,			
Polonia	AGH Universidad de Ciencias y Tecnología	Memorando	09-216 Acuerdo entre las partes entre la AGH Universidad de Ciencias y Tecnología, Cracovia, Polonia y la Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.	Ilimitado
Suecia	Mälardalen University Sweden	Específico	Acuerdo bilateral entre Malärden University Västerås, Sweden y Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia	16/04/2024
Suecia	Mälardalen University	Específico	Convenio de Cooperación Académica entre la Universidad de Antioquia (Colombia) y Mälardalen University (Suecia)	30/04/2023

Tabla 13 Convenios nacionales a los cuales el programa de Bioingeniería tiene acceso.

Tipo de convenio	Universidad Institución	Nombre del Convenio	Ciudad	Fecha de Vencimiento
Sígueme	Pontificia Universidad Javeriana	Convenio SÍGUEME	Todas sus sedes	Indefinido
Sígueme	Universidad de la Sabana	Convenio SÍGUEME	Bogotá	Indefinido
Sígueme	Universidad del Norte	Convenio SÍGUEME	Barranquilla	Indefinido
Sígueme	Universidad del Rosario	Convenio SÍGUEME	Bogotá	Indefinido
Sígueme	Universidad del Valle	Convenio SÍGUEME	Cali	Indefinido
Sígueme	Universidad EAFIT	Convenio SÍGUEME	Medellín	Indefinido
Sígueme	Universidad Externado de Colombia	Convenio SÍGUEME	Bogotá	Indefinido
Sígueme	Universidad Industrial de Santander	Convenio SÍGUEME	Bucaramanga	Indefinido
Sígueme	Universidad Nacional de Colombia	Convenio SÍGUEME	Todas sus sedes	Indefinido
Sígueme	Universidad Pontificia Bolivariana	Convenio SÍGUEME	Todas sus sedes	Indefinido
Específico/ Movilidad	Universidad de Cartagena	Convenio específico de movilidad estudiantil nacional entre la Universidad de Cartagena y la Universidad de Antioquia	Cartagena	09/10/2022
Específico/ Movilidad	Universidad de Córdoba	Convenio marco de cooperación interinstitucional la Universidad de Antioquia y la Universidad de Córdoba	Montería	11/09/2022
Específico/ Movilidad	Universidad Nacional de Colombia	Acuerdo de cooperación académica entre la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad de Antioquia	Todas las sedes	28/11/2022
Específico/ Movilidad	Instituto Tecnológico Metropolitano-ITM	Convenio de movilidad estudiantil nacional entre el Instituto Tecnológico Metropolitano - ITM y la Universidad de Antioquia	Medellín	22/06/2022
Específico/ Movilidad	Universidad Santo Tomás	Acuerdo de cooperación entre la Universidad de Antioquia y Universidad Santo Tomás	Todas sus sedes	18/07/2024
Marco	Universidad de Pamplona	Convenio marco de cooperación interinstitucional no. 107-2018 celebrado entre la Universidad de Pamplona y la Universidad de Antioquia	Norte de Santander	25/02/2023

Específico/ Movilidad	Universidad Francisco de Paula Santander	Convenio de movilidad estudiantil nacional 100 2017 entre Universidad Francisco de Paula Santander y la Universidad de Antioquia	Cúcuta	05/09/2022
Específico/ Movilidad	Universidad CES	Convenio de movilidad estudiantil entre la Universidad de Antioquia y la Universidad CES	Medellín	30/01/2023
Específico/ Movilidad	Universidad EIA (Escuela de Ingeniería de Antioquia)	Convenio bilateral entre la Universidad de Antioquia y la Universidad EIA	Envigado	Indefinido
Específico/ Movilidad	Instituto Tecnológico Metropolitano-ITM	Convenio de movilidad estudiantil entre el Instituto Tecnológico Metropolitano-ITM y la Universidad de Antioquia	Medellín	26/06/2024
Específico/ Movilidad	Universidad ECCI	Convenio de Movilidad Estudiantil Nacional entre la Universidad ECCI y la Universidad de Antioquia	Medellín	17/01/2025
Específico/ Movilidad	Universidad Católica de Oriente	Acta de prórroga del convenio marco de cooperación entre la Universidad de Antioquia (No. 21302301-030-2015) y la Universidad Católica de Oriente (SG-129-2015)	Rionegro	02/08/2027
Específico/ Movilidad	Universidad de los Andes	Convenio Marco de colaboración	Bogotá	30/05/2027

4.2.9 Gestión del currículo

El currículo del programa de Bioingeniería se encuentra regido por los principios curriculares definidos en el documento rector de la facultad de ingeniería, los cuáles son: la flexibilidad, la interdisciplinariedad, la investigación formativa, la integración teoría-práctica, la transversalidad, la segunda lengua, la autonomía y la ética. Y con el fin de garantizar dichos principios el currículo se somete a un proceso continuo de transformación dependiendo de la fase de evaluación

El proceso de evaluación curricular dentro de la facultad de ingeniería comprende dos escenarios: el estado actual del programa y el estado deseable según estándares de calidad de la educación para programas universitarios. En este sentido, la evaluación curricular indaga periódicamente sobre la percepción que tienen los estudiantes, los profesores, el coordinador del programa, los egresados, y los empleadores, acerca del currículo del programa donde por medio de estos se obtendrá la información sobre las variables e indicadores que mostrarán el estado actual de cada programa y posibles proyecciones.

En la Figura 2 se presenta la propuesta de evaluación curricular que sigue la Facultad de Ingeniería para realizar análisis y ajustes a los currículos de los programas adscritos a esta unidad académica.

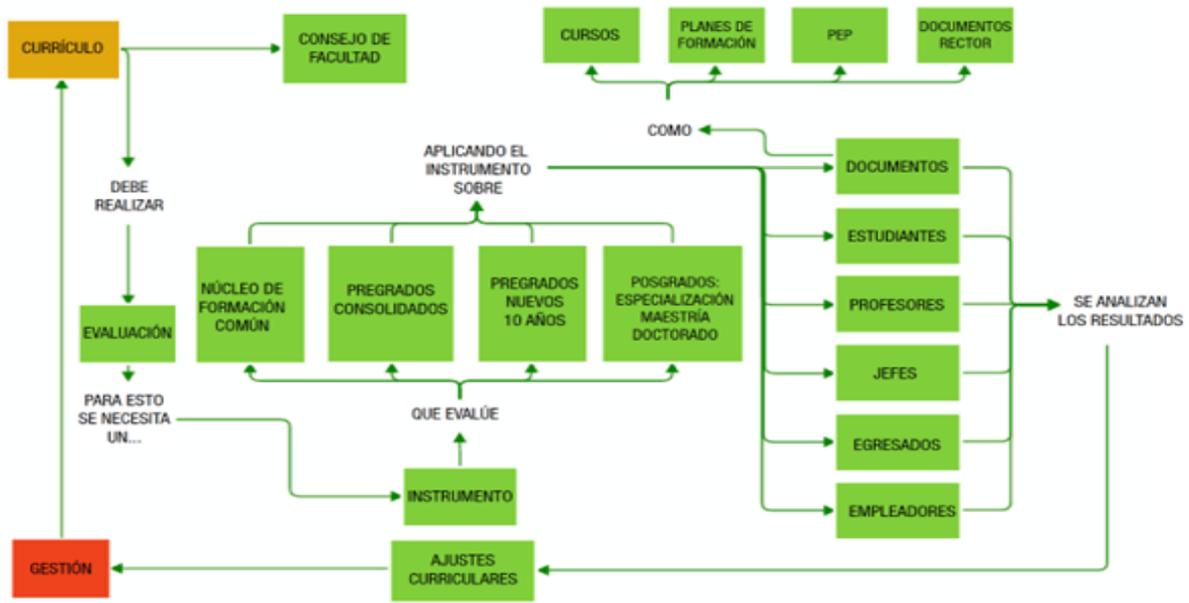


Figura 2 Propuesta de evaluación curricular de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia.

Así pues, el proceso de transformación es un proceso participativo por todos los actores, donde se tendrán en cuenta aspectos como:

- La célula u objeto de estudio de la evaluación -es el programa de pregrado-.
- Un análisis global de la evaluación curricular, que debe hacerse cada cinco años.
- El programa, que se debe evaluar en la mitad y antes de cada reacreditación.
- Los cursos, seminarios, prácticas y proyectos de aula, que se deben evaluar semestralmente por parte de los estudiantes y el profesor.
- Discusión de la evaluación de los cursos, seminarios, PIS o proyectos de aula, que se debe hacer al final del semestre por parte de los profesores del área.
- Análisis de los resultados de la evaluación de cada programa, que debe hacerse cada año por parte de todos los profesores de la Facultad.

Particularmente, el programa de Bioingeniería cuenta dentro del comité de carrera y currículo con un profesor con cargo de coordinador de currículo, quién está en constante revisión y seguimiento de los procesos que permitan la actualización de los contenidos y estructura curricular 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.

Desde la reciente creación y definición de los resultados de aprendizaje y las competencias es necesario definir los instrumentos que permitan la evaluación del nivel de alcance logrado

en cada una de ellas. Es por esto que los comité de carrera y de autoevaluación se encuentran diseñando dichos instrumentos que permitan conocer el grado de apropiación y de implementación de los resultados de aprendizaje y las competencias.

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 tres veces en el Programa de Bioingeniería, siendo el primero en el año 2010 con el objetivo de obtener la primera acreditación, y en los años 2015 y 2022 para la renovación. 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.

6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] ANDI, “Cámara de Dispositivos Médicos e Insumos para la Salud”, *Libr. Comer. Exter.*, vol. 1, p. 135, 2018.
- [2] World Health Organization (WHO), *Human Resources for Medical Devices: The role of biomedical engineers*. 2017.
- [3] UdeA, “Acuerdo Superior 001”, *Univ. Antioquia*, p. 44, 1994.
- [4] C. V Mcdonald, “STEM Education: A review of the contribution of the disciplines of science, technology, engineering and mathematics”, *Sci. Educ. Int.*, vol. 27, núm. 4, pp. 530–569, 2016.
- [5] P. A. Ertmer y T. J. Newby, “Conductismo, Cognitivismo Y Constructivismo: Una Comparación De Los Aspectos Críticos Desde La Perspectiva Del Diseño De Instrucción”, *Perform. Improv. Q.*, vol. 6, núm. 4, pp. 50–72, 1993.
- [6] C. Ruiz-Bolívar y A. A. Dávila, “Propuesta de buenas prácticas de educación virtual en el contexto universitario”, *Rev. Educ. a Distancia*, núm. 49, 2016.
- [7] Á. FLACSO (Organization). Sede Académica Argentina, *Propuesta educativa.*, núm. 42. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales - Sede Académica Argentina, 2014.
- [8] E. González *et al.*, “Lineamientos institucionales internacionalizacion del currículo”, 2021.