





PROYECTO EDUCATIVO DEL PROGRAMA

DOCTORADO EN INGENIERÍA



Universidad de
La Sabana



© Universidad de La Sabana
© Facultad de Ingeniería
Campus del Puente del Común
Km 7 Autopista Norte de Bogotá
Chía, Cundinamarca, Colombia
Tel. (57-1) 861 5555 - 861 6666
www.unisabana.edu.co

1 DOCTORADO EN **INGENIERÍA**

El Doctorado en Ingeniería de la Universidad de La Sabana busca aportar investigadores altamente capacitados que, con su conocimiento, aumenten los niveles de innovación, productividad y competitividad del país.

Las investigaciones desarrolladas dentro del programa buscan integrar el conocimiento de cada rama de la ingeniería, para hacerlo más interdisciplinario y ligarlo a los problemas de la sociedad y la industria. Esta sociedad exige que los ingenieros con doctorado propongan nuevos paradigmas y aproximaciones para resolver los problemas que la aquejan, con un enfoque que lleve a considerar los nuevos productos y procesos desde una perspectiva sostenible e innovadora. Estos componentes se ven reflejados en la definición de los ejes temáticos de investigación: Ambiente y Energía; Informática, Computación y Electrónica; Ingeniería de Materiales; e Ingeniería de Productos y Procesos.

El resultado principal del trabajo de investigación del estudiante es la tesis doctoral, con la que desarrollará la habilidad para actuar como investigador autónomo y participar activamente en la comunidad académica del área de formación. De este modo y a partir de su conocimiento y del rigor científico en el que se ha entrenado, el graduado del programa podrá emitir juicios argumentados sobre problemáticas complejas y será capaz de comunicar sus ideas y conclusiones con claridad y de manera efectiva a grupos de científicos, académicos y profesionales.

A continuación, se describen los datos generales del Doctorado en Ingeniería.

Nombre del programa	Doctorado en Ingeniería
Título que otorga	Doctor(a) en Ingeniería
Unidad académica	Facultad de Ingeniería
Ubicación del programa	Campus del Puente del Común, Chía, Cundinamarca
Nivel según el CINE-2011 A.C.	CINE 8-doctorado
Modalidad	Investigación
Metodología	Presencial
Campo amplio	07 Ingeniería, industria y construcción
Norma interna de creación	Resolución n.º 586, del 17-05-2017, del Consejo Superior de la Universidad de La Sabana
Normativa institucional	-Resolución n.º 546: Reglamento General de Estudiantes de Posgrados -Reglamentación n.º 46: Doctorados en la Universidad de La Sabana
Duración estimada del programa	8 semestres Registro Calificado según Resolución No. 10277 de junio 27 de 2018 por 7 años - SNIES: 107181
Número de créditos académicos	120

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DEL PROGRAMA

La Figura 2.1 esquematiza la fundamentación teórica del Doctorado en Ingeniería de la Universidad de La Sabana, que integra cuatro conceptos, los cuales se explican a continuación.

Figura 2.1. Conceptos de la fundamentación teórica del Doctorado en Ingeniería.



2.1 INNOVACIÓN

Los ingenieros con formación doctoral están orientados al desarrollo de actividades investigativas basadas en el diseño, que tratan temas como invenciones industriales y tecnológicas, nuevos procedimientos de cálculo de problemas ingenieriles, descubrimientos y análisis de eventos que conlleven avances tecnológicos, innovaciones en procedimientos productivos o innovaciones ingenieriles derivadas de hallazgos en ciencias básicas (Celis y Duque, 2014). Para incentivar la transferencia de conocimientos al sector productivo y potenciar el impacto de las investigaciones, el Doctorado en Ingeniería busca mantener y fortalecer el vínculo con este sector.

2.2 DISEÑO SOSTENIBLE

La realidad actual exige del ejercicio de la ingeniería la responsabilidad de incorporar criterios de sostenibilidad en estas nuevas soluciones. La ingeniería sostenible, base del desarrollo sostenible, demanda un enfoque interdisciplinario, el cual debe considerar los nuevos productos y procesos desde sus fases de diseño, construcción y utilización, hasta la disposición final de los bienes y residuos. Es responsabilidad de las instituciones educativas que los ingenieros con nivel máximo de formación propongan nuevos paradigmas y aproximaciones para resolver los problemas de la sociedad con este nuevo enfoque. Cada disciplina de la ingeniería debe involucrar el diseño sostenible y el empleo de numerosas iniciativas, como análisis del ciclo de vida, prevención de la contaminación, construcción sostenible, diseño para el desmontaje y diseño para el reciclaje. Históricamente, las

consideraciones de sostenibilidad han sido abordadas por los ingenieros como restricciones de diseño. Los graduados del Doctorado en Ingeniería deben considerar criterios de sostenibilidad en toda su actividad investigativa y esta debe responder a las necesidades de las generaciones futuras (Rodríguez y Fernández, 2010; Messinger, 2013).

2.3 INTERDISCIPLINARIEDAD

Otro componente fundamental del trabajo en ingeniería a nivel doctoral es la interdisciplinariedad. Se dice que un área de conocimiento es interdisciplinar cuando esta engloba o supone la colaboración de varias disciplinas. La interdisciplinariedad es la puesta en común de la intersección de saberes (Lagar, 2014). El trabajo del ingeniero es sintético por naturaleza y consiste en agrupar enfoques de las relaciones humanas, los oficios, las artes y las ciencias, para producir nuevos diseños que procuren la solución de necesidades de la humanidad (Valencia et al., 2004).

2.4 EXPERIENCIA DE DISEÑO

El programa de Doctorado en Ingeniería de la Universidad de La Sabana busca formar nuevos investigadores, que sean reconocidos en la sociedad por la generación de conocimiento; por medio del proceso de investigación basado en la experiencia de diseño. Comprende la postulación de un diseño experimental y la construcción de un prototipo de investigación con el cual se evalúan las fortalezas y debilidades del diseño. Para formar nuevos doctores en ingeniería con la mejor calidad, la investigación puede tomar diversas formas, que abarcan tanto un trabajo teórico como experimen-

tal y combinan elementos de la ciencia y la ingeniería. La solución de los problemas abordados requiere de invención, diseño, investigación, experimentación y análisis.

3 COMPONENTES DE LA FORMACIÓN

3.1 MISIÓN

El Doctorado en Ingeniería de la Universidad de La Sabana busca formar investigadores con sólidos conocimientos teóricos y metodológicos, que estén en capacidad de (i) identificar e interpretar los múltiples y complejos problemas de la ingeniería, propios del contexto social actual, desde una perspectiva interdisciplinaria, y generar conocimientos en torno a estos; (ii) aportar y divulgar soluciones para estos problemas, que incidan en el ámbito académico y en los sectores productivos del país; (iii) enmarcar su quehacer en el desarrollo sostenible y (iv) fomentar la ejecución del trabajo bien hecho como medio para construir una sociedad justa, pacífica y solidaria.

3.2 VISIÓN

Para el año 2028, el Doctorado en Ingeniería de la Universidad de La Sabana será reconocido en Colombia por contar con un equipo profesoral de excelencia, ofrecer bienestar académico y personal a los estudiantes en el

programa, proponer soluciones sostenibles para los problemas actuales de la ingeniería, lograr avances en las investigaciones que se realicen en él y ser un referente académico en el campo de la ingeniería en los ámbitos investigativo, industrial, de servicios y gubernamental.

3.3 PROPÓSITOS DE FORMACIÓN

3.3.1 Objetivo general

Formar investigadores con autonomía y rigurosidad científica, capaces de responder a las necesidades de la sociedad con la generación de conocimiento en el campo de la ingeniería; enmarcados en el desarrollo sostenible, la innovación y el progreso social.

3.3.2 Objetivos específicos

1. Contribuir a la generación de nuevo conocimiento en el contexto nacional e internacional, para aportar al avance de la ciencia y la tecnología desde una perspectiva sostenible de la ingeniería.
2. Formar investigadores con capacidad de proponer, desarrollar y liderar investigaciones en el campo de la ingeniería.
3. Desarrollar la capacidad de interactuar con comunidades académicas y profesionales, nacionales e internacionales, y de participar activamente en equipos y redes de investigación.

4. Fomentar el pensamiento crítico, el rigor científico y las habilidades comunicativas necesarias para divulgar los resultados de investigación de carácter académico y profesional.

3.4 COMPETENCIAS

- **Competencia de investigación**

Plantear, desarrollar y liderar investigaciones, que respondan a problemas de ingeniería y aporten al avance de la ciencia, la tecnología y la sociedad, en ambientes interdisciplinarios e internacionales, y desde una perspectiva sostenible.

- **Competencia de conocimiento especializado**

Integrar las bases teóricas y las tendencias actuales de la ingeniería en el campo específico de experticia para abordar problemas de la sociedad que son propios del contexto actual y generar innovación en torno a estos.

- **Competencia de comunicación y divulgación**

Comunicar resultados de investigación en entornos académicos y científicos, nacionales e internacionales, para potenciar el impacto de las investigaciones y su transferencia a la sociedad.

3.5 PERFILES

3.5.1 Perfil de ingreso

El programa de Doctorado en Ingeniería de la Universidad de La Sabana está dirigido a profesionales de ingeniería o disciplinas afines referentes al

área de investigación propuesta, que tengan un fuerte componente cuantitativo. Los aspirantes deben poseer cualidades académicas, demostradas en sus estudios anteriores, y experiencia certificada en investigación, ya sea en estudios de maestría culminados o publicaciones científicas. Además, el aspirante debe demostrar un nivel mínimo de inglés B1 y un notable interés para proponer soluciones sostenibles a problemas que plantean los retos actuales de la ingeniería.

3.5.2 Perfil del graduado

Los graduados del Doctorado en Ingeniería de la Universidad de La Sabana utilizarán un alto nivel de conocimientos teóricos y tecnológicos para realizar investigaciones de impacto, que respondan a problemas en ingeniería desde una perspectiva sostenible.

Además, estarán en capacidad de articular desarrollos científicos y tecnológicos con las necesidades de la sociedad para aportar a la innovación en ingeniería e influir en las transformaciones socioeconómicas de la región y el país.

De esta manera, los doctores en Ingeniería de la Universidad de La Sabana podrán:

- Proponer, conducir y gestionar de forma autónoma investigaciones de impacto.
- Transmitir y generar conocimiento de forma clara y eficaz.
- Tener una participación activa en la solución de problemas de interés mundial, desde la ingeniería y con alternativas que es-

tén acordes con la realidad nacional dentro de un marco sostenible, ético, moral y social.

- Trabajar en equipos interdisciplinarios y redes internacionales de investigación.

3.5.3 Perfil ocupacional

Los graduados del Doctorado en Ingeniería podrán desempeñarse en los siguientes escenarios:

- Enseñanza y gestión académica de la ingeniería y sus especialidades.
 - Investigación, desarrollo, innovación y consultoría en los sectores industrial y de servicios, de naturaleza pública y privada, tanto de carácter nacional como internacional.
 - Investigación posdoctoral y participación en centros de investigación científicos y tecnológicos.
 - Participación en entidades encargadas del diseño y la implementación de políticas públicas de investigación e innovación.
 - Participación en una amplia gama de ocupaciones en las que se requiere su alto grado de habilidad en matemática y modelado de sistemas.
-

4 PLAN GENERAL **DE ESTUDIOS**

DOCTORADO EN
INGENIERÍA

Componente	Año 1		Examen de calificación doctoral
	Semestre I	Semestre II	
Seminarios	Introducción a la investigación doctoral		
12	3		
Investigación	Proyecto de tesis I	Proyecto de tesis II	
99	9	9	
Electivos	Electiva I	Electiva II	
9	3	3	
	3	Electiva III	
Total por semestre	15	15	

Año 2		Año 3		Año 4	
Semestre III	Semestre IV	Semestre V	Semestre VI	Semestre VII	Semestre VIII
Seminario I		Seminario II		Seminario III	
3		3		3	
Tesis I	Tesis II	Tesis III	Tesis IV	Tesis V	Tesis VI
12	15	12	15	12	15

Pasantía internacional
(debe sumar una estancia internacional de mínimo seis (6) meses en cualquiera de estos semestres)

15	15	15	15	15	15
Total créditos 120					

4.1 ASIGNATURAS DEL PLAN GENERAL DE ESTUDIOS

A continuación se presenta el objetivo general de las asignaturas del plan de estudios, agrupadas de acuerdo con su naturaleza. El estudiante desarrolla las competencias asociadas al grupo de asignaturas, cada vez en un nivel más elevado.

4.1.1 Introducción a la investigación doctoral (3 créditos)

Dar al estudiante las herramientas necesarias para que plantee proyectos de investigación que respondan a problemas en ingeniería y aporten al avance de la ciencia, la tecnología y la sociedad, en ambientes interdisciplinarios, desde una perspectiva sostenible.

4.1.2 Proyecto de tesis I y II (18 créditos)

Desarrollar en el estudiante la competencia para que plantee y sustente proyectos de investigación que respondan a problemas en ingeniería y aporten al avance de la ciencia, la tecnología y la sociedad, desde una perspectiva sostenible.

4.1.3 Seminarios I al III (9 créditos)

Desarrollar en el estudiante la competencia para que socialice los avances de su trabajo de investigación e incorpore comentarios y sugerencias de pares en el tema de su investigación al mismo tiempo que adquiere la

competencia de análisis crítico, de ideas nuevas y complejas, con la participación en las discusiones generadas al final de las presentaciones de sus compañeros.

4.1.4 Tesis I al VI (81 créditos)

Desarrollar en el estudiante la capacidad para que realice investigaciones que respondan a problemas en ingeniería y aporten al avance de la ciencia; integre bases teóricas y tendencias actuales de la ingeniería para recombinarlas en nuevas ideas y comunique resultados de investigación en entornos académicos y científicos.

4.2 OPCIONES DE GRADO

Los estudiantes del Doctorado en Ingeniería deben satisfacer los siguientes requisitos para graduarse:

1. Haber cursado y aprobado la totalidad del plan de estudios.
2. Haber cumplido con los requisitos anuales exigidos por el programa para avanzar en este. Dichos requisitos se listan a continuación:
 - 2.1. Presentar y aprobar la propuesta doctoral antes de finalizar el año dos del programa. La presentación de la propuesta doctoral consiste en entregar el documento escrito, en inglés, a la Comisión de Doctorado. La aprobación se da cuando el jurado evaluador considera que (i) la propuesta es apta para el nivel de estudios, (ii) está alineada con los objetivos de formación del programa y (iii) el estu-

dante ha incorporado en el documento los cambios y las recomendaciones sugeridos por ellos.

- 2.2. Presentar y aprobar el examen de calificación doctoral antes de finalizar el año dos del programa. El examen de calificación es efectuado por el jurado evaluador de la propuesta doctoral y evalúa las tres competencias del programa en un nivel temprano de la formación. La competencia de investigación se evalúa según la calidad de la propuesta de investigación; la competencia de conocimiento especializado se califica mediante un examen oral de conocimientos y la competencia de comunicación se determina con la sustentación de la propuesta doctoral.
 - 2.3. Realizar al menos una divulgación de resultados de la tesis doctoral, ya sea oral o en póster, en un congreso nacional o internacional, al finalizar el curso Seminario II.
 - 2.4. Haber sometido, al menos, un artículo científico, con el estudiante de doctorado como primer autor, en una revista internacional indexada en categorías Q1/Q2, de ISI o Scopus, al finalizar el curso Seminario II.
 - 2.5. Realizar al menos una segunda divulgación de resultados de la tesis doctoral, ya sea oral o en póster, en un congreso internacional, como requisito de grado.
 - 2.6. Tener aceptados para publicación, al menos, dos artículos científicos, con el estudiante de doctorado como primer autor, en revistas internacionales indexadas en categorías Q1/Q2, de ISI o Scopus, como requisito de grado. En casos excepcionales, previa autoriza-
-

ción de la Comisión de Doctorado, se aceptarán publicaciones en revistas indexadas en ISI o Scopus fuera de estos cuartiles para cumplir con este requisito.

3. Haber realizado una o varias estancias de investigación que sumen entre ellas, al menos, seis meses de pasantía en laboratorios extranjeros.
4. Culminar con éxito el proceso de elaboración, presentación y sustentación, en inglés, de la tesis doctoral.

De los requisitos de grado mencionados, el estudiante tiene la opción de solicitar la aprobación de los siguientes cambios ante la Comisión de Doctorado, la cual evaluará su pertinencia:

- a. Solicitar su grado si cumple los requisitos 2 a 4 de la lista anterior, pero aún le falta algún curso de Seminario o Tesis. Estos créditos se homologarán automáticamente con la nota de la sustentación de la tesis doctoral.
- b. Uno de los artículos científicos puede ser sustituido por patentes o productos tecnológicos debidamente registrados ante las autoridades competentes.
- c. Si el estudiante tiene financiación de una empresa y su proyecto involucra resultados que serán protegidos por patentes o secretos industriales, se puede contemplar que la estancia internacional se realice en un laboratorio de la misma empresa patrocinadora en el país o, preferiblemente, en el exterior, siempre y cuando cumpla con requisitos de infraestructura e idoneidad.

El tiempo máximo de permanencia del estudiante es del doble de la duración total del programa (8 años). Si no cumple con los requisitos 1 a 4, descritos anteriormente, antes de 8 años desde el inicio del programa, el estudiante perderá definitiva y automáticamente su derecho de permanencia en el programa.

5 INVESTIGACIÓN EN **EL DOCTORADO EN INGENIERÍA**

5.1 EJES TEMÁTICOS DE INVESTIGACIÓN

El Doctorado en Ingeniería de la Universidad de La Sabana definió cinco ejes temáticos de investigación. Estos ejes temáticos enmarcan retos actuales de la ingeniería, que se abordarán con un enfoque interdisciplinar. De esta manera, cada grupo de investigación puede actuar en diferentes ejes temáticos y cada eje temático está soportado por varios grupos de investigación. A continuación, se describe el objetivo de cada eje temático.

5.1.1 Ambiente y energía

Realizar investigaciones que, mediante la evaluación y reducción del impacto de las actividades humanas en el ambiente y la demanda de recursos energéticos, conduzcan a reducir las emisiones de contaminantes, implementar acciones de adaptación a los efectos del cambio climático, incrementar la eficiencia energética, poner en funcionamiento energías alternativas, establecer las bases para un futuro de bajo consumo de carbono y, en general, propender por una adecuada calidad de vida para las generaciones presente y futura.

5.1.3 Informática, computación y electrónica

Realizar investigaciones que propongan nuevos dispositivos, modelos computacionales, metodologías y productos de *software* especializados en áreas de investigación en ingeniería que demanden la aplicación de la informática, la computación y la electrónica para proponer soluciones innovadoras, compuestas de *hardware*, *software*, aplicaciones y servicios enfocados a problemas y necesidades actuales del país con el fin de impulsar la dimensión digital en la sociedad y en la economía.

5.1.4 Ingeniería de materiales

Realizar investigaciones en la aplicación de nuevas tecnologías, métodos de diseño y herramientas de análisis y simulación, para el desarrollo de materiales e infraestructura con propiedades mejoradas y procesos de fabricación, construcción y transformación más sostenibles, a fin de aumen-

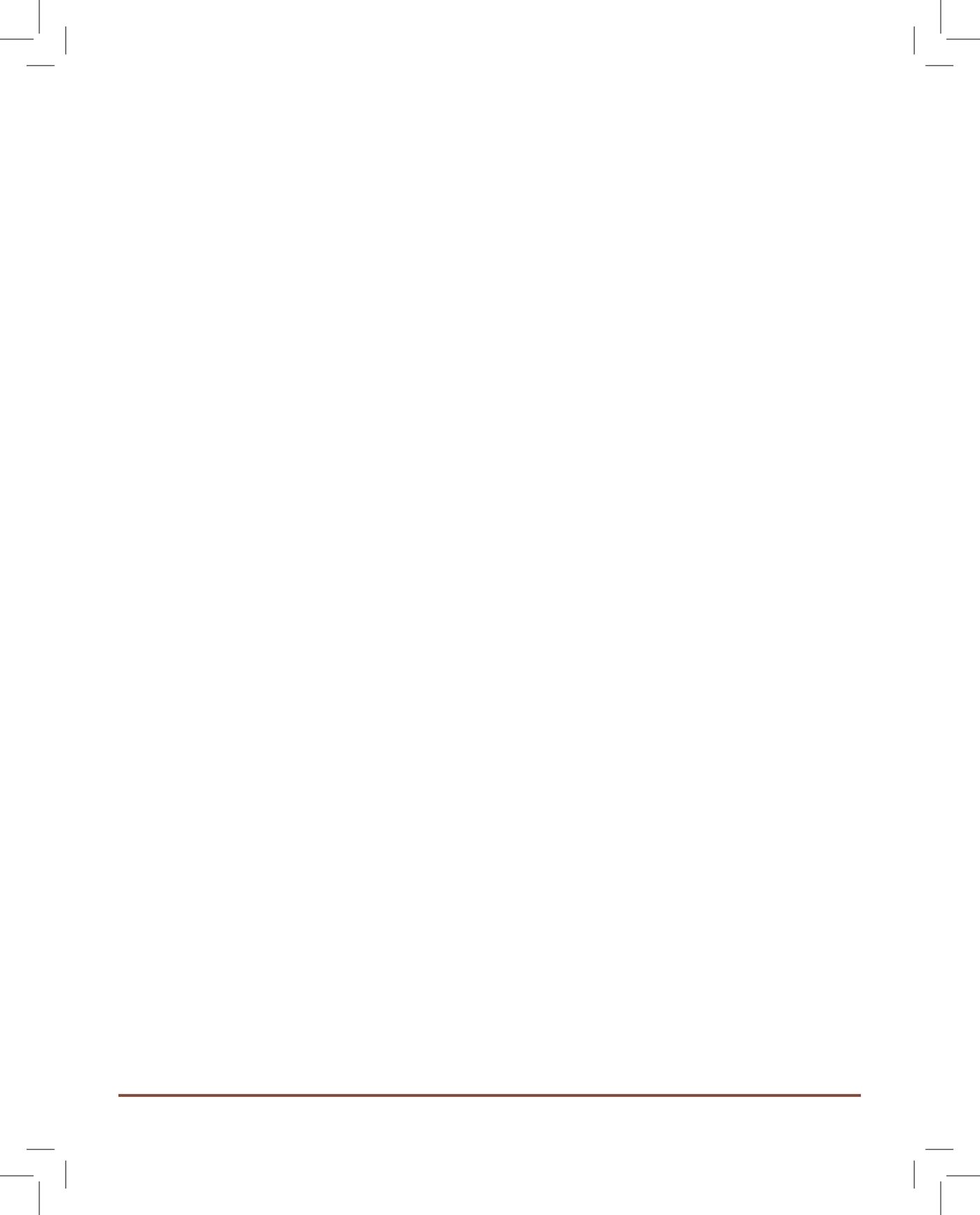
tar, así, la aplicabilidad, eficiencia, resistencia y vida útil de los materiales y construcciones y disminuir su impacto ambiental.

5.1.5 Ingeniería de productos y procesos

Realizar investigaciones que generen e implementen soluciones de gran valor agregado en el diseño de nuevos productos y procesos, al optimizar su calidad, impacto, funcionalidad, confiabilidad, costo, competitividad y otras características importantes para el usuario y la sociedad.

6 REFERENCIAS

- Celis, J. y Duque, M. (2014). Estudio comparado sobre preferencias profesionales de doctorados en ingeniería. Colombia-Estados Unidos. *Educación y Educadores*, 17(2), 306-320. doi: 10.5294/edu.2014.17.2.6
- Lagar, M., Escalona, M., y Pulgarín, A. (2014). Análisis de la interdisciplinaria en la ingeniería química universitaria española. *Revista Española de Documentación Científica*, 37(1), 1-11. doi: 10.3989/redc.2014.1.1048
- Messinger, J. (2013). Driven by Necessity: Realizing the Full Potential for Sustainable Development in Latin America. *Journal of International Affairs*. Recuperado de <https://jia.sipa.columbia.edu/online-articles/driven-necessity-realizing-full-potential-sustainable-development-latin-america>
- Rodríguez, F. y Fernández, G. (2010). Ingeniería sostenible: nuevos objetivos en los proyectos de construcción. *Revista Ingeniería de Construcción*, 25(1), 147-160. doi: 10.4067/S0718-50732010000200001
- Valencia, A., Muñoz, L. D., Mejía, L. F., Restrepo, G., Parra, C. M., y Ochoa, J. (2004). La interdisciplinaria en ingeniería. *Agoras. Anuario de la Asociación de Profesores de la Universidad de Antioquia*, 6(fasc. 7). 51-60.



DOCTORADO EN
INGENIERÍA

