



NUEVAS REALIDADES PARA LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA:
CURRÍCULO, TECNOLOGÍA, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

13 - 16
DE SEPTIEMBRE

2022

CARTAGENA DE INDIAS,
COLOMBIA



Propuesta de renovación curricular para el programa de ingeniería de sistemas de la Universidad de Antioquia

Diego José Luis Botia Valderrama

Universidad de Antioquia
Medellín, Colombia

Resumen

Desde el año 2020 el programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Antioquia ha trabajado en una propuesta de renovación curricular orientada a cumplir con los nuevos lineamientos del CNA (Consejo Nacional de Acreditación), lo cual implica una revisión y actualización a nivel meso y microcurricular, en donde se construyan nuevos resultados de aprendizaje, procesos para evaluación de los mismos, actualización de núcleos académicos, autoevaluación del currículo, entre otros procesos. De acuerdo con los referentes internacionales de currículo para programas relacionados con la informática, computación y sistemas como por ejemplo el ACM Computing Curricula 2020, se propuso un proceso de diagnóstico y mapeo curricular completo con el objetivo de generar una organización curricular del programa y que permite ajustarse a procesos importantes de flexibilidad y modernización curricular, doble titulación, internacionalización y acreditación.

Palabras clave: currículo; ingeniería de sistemas; micro currículo; renovación curricular; autoevaluación

Abstract

Since 2020, the Systems Engineering program at the University of Antioquia has been working on a curricular renewal proposal aimed at complying with the new CNA (National Accreditation Council) guidelines, which implies a review and update at the meso- and micro-curricular level, where build a new learning outcomes, their assessment processes, updating of academic cores, curriculum self-evaluation, among other processes. In accordance with international curriculum references for

programs related to information technology, computing and systems, such as the ACM / IEEE Computing Curriculum 2020, a complete curricular diagnosis and mapping process was proposed with the purpose of generating a curricular organization of the program that allows adapting to important processes of flexibility and modernization curricular, double degrees, internationalization and accreditation.

Keywords: *curricula; systems engineering; micro-curricula; curricular renewal; self-assessment*

1. Introducción

El Programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Antioquia tiene una trayectoria de 47 años en la formación de profesionales altamente competentes y donde sus más de 1600 egresados se han destacado en diferentes ámbitos tanto empresariales como sociales. Este programa ha sido reconocido por el MEN (Ministerio de Educación Nacional) por tercera vez con la Reacreditación de Alta Calidad en el 2020 por 6 años [6], lo cual demuestra los logros obtenidos tanto a nivel de docencia, extensión e investigación.

El programa tiene actualmente la modalidades presencial y virtual que cubren todo el Departamento de Antioquia con aproximadamente 1000 estudiantes activos y una planta profesoral de 45 docentes entre vinculados, ocasionales y cátedra.

En el Plan de Desarrollo del programa (2019-2022), se propuso como eje fundamental realizar un proyecto de renovación curricular, el cual se enfocó en los siguientes objetivos:

1. Generar un plan de estudios moderno, flexible y orientado a Resultados de aprendizaje (RA).
2. Definir los resultados de aprendizaje para el programa, núcleos académicos y cursos profesionalizante, así como sus procesos de evaluación teniendo como referente el trabajo de Robinson y Hensel [1]
3. Mapear las disciplinas establecidas por el ACM / IEEE Computing Curricula 2020 [2] con los núcleos académicos del programa.
4. Realizar un diagnóstico de los cursos vigentes en las tres versiones de pensum activas del programa y establecer un plan de mejora por cada uno o crear nuevos cursos según sea el caso.

Es importante aclarar que se el programa venía trabajando en su documento rector mediante Propósitos de formación definidos en el Ser. Hacer y Saber, pero por los nuevos lineamientos de calidad definidos por el CESU (Consejo Nacional de Educación Superior) [3], se decidió dar prioridad a este proyecto.

Para el desarrollo del proceso de renovación curricular del programa se establecieron 5 etapas que fueron validadas por los comités de acreditación, de currículo y de carrera, los cuales se definieron así:



Etapa 1. Evaluación del actual Currículo. El propósito es evaluar el currículo, con base en las competencias, propósitos de formación, lineamientos curriculares y perfiles definidos. [4]

Etapa 2. Análisis de problemas y tendencias actuales en la informática. El propósito es entender los requerimientos y avances de la industria TIC, necesidades de la sociedad, orientación del programa, pertinencia de las áreas, proyección social del programa, análisis de referentes académicos y evolución de la ingeniería de sistemas en el contexto nacional e internacional. [5]

Etapa 3. Análisis y definición de componentes, propósitos de formación, competencias, perfiles, y áreas para el nuevo pensum. El propósito es realizar un estudio completo de hacia dónde se quiere orientar el currículo, como modernizarlo, que tipo de estudiantes se quiere formar, cuáles son los nuevos resultados de aprendizaje, y cuáles son las áreas más pertinentes.

Etapa 4. Diseño y Elaboración del nuevo plan de estudios. El propósito es diseñar y elaborar los componentes por áreas académicas definidas y construir la nueva malla curricular. Esto incluye el análisis y construcción o actualización de los cursos profesionalizantes de todas las áreas.

Etapa 5. Aprobaciones y Avales finales. El propósito es cumplir con los respectivos procesos administrativos para generar los avales correspondientes ante las diferentes instancias de la Universidad y posteriormente enviar el nuevo plan de estudios al Ministerio de Educación.

Con estas etapas se tiene una metodología clara y que la facilita el trabajo curricular dentro del Departamento, y permite que los profesores, estudiantes y egresados adquieran un compromiso real por trabajar para tener el mejor plan de estudios y sobre todo que cumple con los altos estándares de calidad esperados por el MEN.

2. Mapeo Curricular basado en ACM / IEEE Computing Curricula 2020

Para el proceso de mapeo curricular, se optó por seguir las directrices establecidas en las guías curriculares del ACM / IEEE Computing Curricula 2020 (CC2020). Primero se tenía como elementos base el último informe de la visita de pares del CNA que se realizó en el 2019 al programa, las tendencias y perfiles que requieren las empresas del sector TIC en el país, los comentarios de los egresados, los resultados de los últimos exámenes de las pruebas de estado SABER PRO y el análisis de los planes estudios de los programas de ingeniería de sistemas de otras universidades del país.

La actualización de las guías curriculares del CC2020, se inició en el año 2017 para actualizar el documento CC2005. Fue realizado por un comité directivo con 15 miembros principales y una fuerza de tarea académica de 45 miembros pertenecientes a las universidades más reconocidas del planeta. Teniendo en cuenta el gran avance de las tecnologías, métodos y conceptos en los campos de la informática y la computación en general en la última década, se requería una actualización completa del documento. El propósito era examinar el estado actual de las guías curriculares para los programas académicos a nivel mundial y proveer una visión general del futuro de la computación.



En estas nuevas guías se estableces tres componentes principales:

- Reporte
- Competencias
- Herramienta

En el documento se establece como objetivo definir el modelo basado en competencias que se usará en todos los currículos. Además de tener un marco de referencia general para los programas de Ingeniería de Sistemas y afines.

Ahora cada currículo se detalla en un documento específico (especializaciones de ACM-IEEE) siguiendo el modelo de competencias del CC2020. También propone disciplinas emergentes con su propio informe futuro. Otro aspecto fundamental es que es más internacional que el CC2005 (menos centrado en los EEUU), y tiene la posibilidad de comparar diferentes planes de estudios.

Teniendo la premisa que el campo de la computación es muy amplio, se definieron 6 guías curriculares más 1 nueva en construcción llamada Data Science que visualizan sus relaciones en la figura 1, así:

- Computer Engineering (CE2016)
- Computer Science (CS2013)
- Cybersecurity (Cysec2017)
- Information Systems (IS2010)
- Information Technology (IT2017)
- Software Engineering (SE2014)
- Data Science – En Construcción (DS2020)

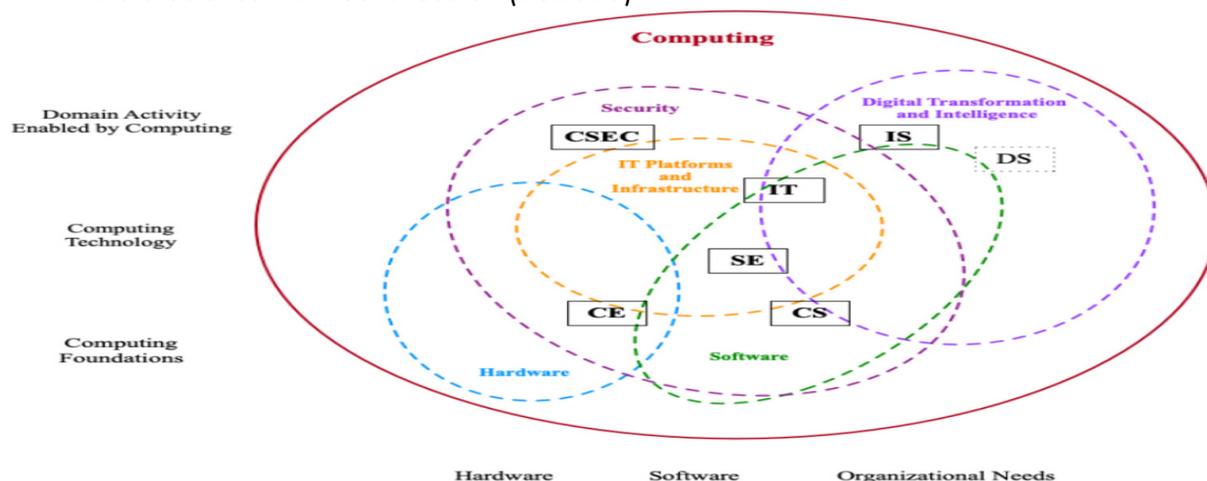


Figura 1. Disciplinas establecidas en ACM/IEEE CC2020. Fuente [2]

En el Departamento de Ingeniería de Sistemas de la UdeA, las versiones de los pensum actuales (ver 3,4 y 5) están basadas en las anteriores guías curriculares CC2005, por lo tanto, se validó con el nuevo documento cuales nuevas áreas se crearon y cuales se eliminaron. En la Tabla 1 se presenta un resumen de estos cambios:

Tabla 1. Diferencias entre áreas del conocimiento en CC2005 y CC2020. Fuente [2]

Áreas del Conocimiento en CC2005 pero no están en CC2020	Áreas del conocimiento en CC2020 pero no están en CC2005	Áreas del Conocimiento renombradas
<ul style="list-style-type: none"> • Computer Systems Engineering • Digital Media Development • E-Business • Engineering Economics for SW • Engineering Foundations for SW • Scientific Computing (numerical methods) • Systems administration / Technical Support 	<ul style="list-style-type: none"> • Computing Infrastructure / Cloud Computing • Enterprise Architecture • Internet of Things • Platform – Based Development • Software Development Fundamentals • Systems Fundamentals • Virtual Systems and Services 	<ul style="list-style-type: none"> • Information Systems Development → Systems Analysis and Design • Human Computer Interaction → User Experience Design

Como se observa en la tabla 1, las nuevas áreas del conocimiento se enfocan en tecnologías de la cuarta revolución industrial y plataformas de desarrollo de software moderno. Este punto es muy importante porque permite generar mayor flexibilidad curricular e introducir cursos más orientados a los nuevos perfiles ocupacionales exigidos por la industria y el desarrollo de nuevas competencias en los estudiantes.

En la guía CC2020 se proponen áreas del conocimiento, Unidades de conocimiento y resultados de aprendizaje, lo anterior se resumen en 37 áreas del conocimiento dentro de 6 categorías (Ver tabla 2).

Otro elemento importante es que se pasa de un aprendizaje basado en contenidos a un aprendizaje basado en competencias las cuales están organizadas así:

- **Conocimiento (4)**
De facto, conceptual, procedimental, metacognitivo
- **Habilidades (7)**
Planificación y gestión de proyectos, análisis, modelado, diseño, Implementación, evaluación, despliegue
- **Actitudes (10)**
Actitud de colaboración, claridad de comunicación, pensamiento creativo, Temperamento institucional, Comportamiento de liderazgo, Mentoría de compañeros, Aptitud organizacional, Desarrollo de relaciones, Auto-motivación, Administración del tiempo.

Tabla 2. Categorías y Áreas del Conocimientos según ACM IEEE Computing Curricula 2020. Fuente [2]

Categoría	Área del Conocimiento
1. Usuarios y Organizaciones	1.1 Social Issues and Professional Practice
	1.2 Security Policy and Management
	1.3 IS Management and Leadership
	1.4 Enterprise Architecture
	1.5 Project Management
	1.6 User Experience Design
2. Modelamiento de Sistemas	2.1 Security Issues and Principles
	2.2 Systems Analysis & Design
	2.3 Requirements Analysis and Specification
	2.4 Data and Information Management
3- Infraestructura de Sistemas	3.1 Virtual Systems and Services
	3.2 Intelligent Systems (IA)
	3.3 Internet of Things
	3.4 Parallel and Distributed Computing
	3.5 Computer Networks
	3.6 Embedded Systems
	3.7 Integrated Systems Technology
	3.8 Platform Technologies
	3.9 Security Technology and Implementation
4- Desarrollo de Software	4.1. Software Quality
	4.2 Software Development and Management
	4.3. Software Verification and Validation
	4.4 Software Process
	4.5 Software Modeling and Analysis
	4.6 Software Design
	4.7 Platform- Based Development
5- Fundamentos de Software	5.1 Graphics and Visualization
	5.2 Operating Systems
	5.3 Algorithms and Complexity
	5.4 Programming Languages
	5.5 Software Development Fundamentals
	5.6 Systems Fundamentals
6. Hardware	6.1 Architecture and Organization
	6.2 Digital Desing
	6.3 Circuits and Electronics
	6.4 Signal Processing

Con estas categorías y áreas del conocimiento se identifican las más prioritarias y mediante una matriz se relacionan las Categorías con los elementos curriculares de CC2020. Como el objetivo es ver las áreas de mayor peso en el currículo, se debe a partir de este mapeo generar un gráfico radar con el peso los elementos curriculares. Luego en el diseño del plan de estudios se procede a definir el número de créditos por curso junto con sus co y prerrequisitos y definir los resultados de aprendizaje por núcleo. En la figura 2 se presenta un resumen de este proceso.

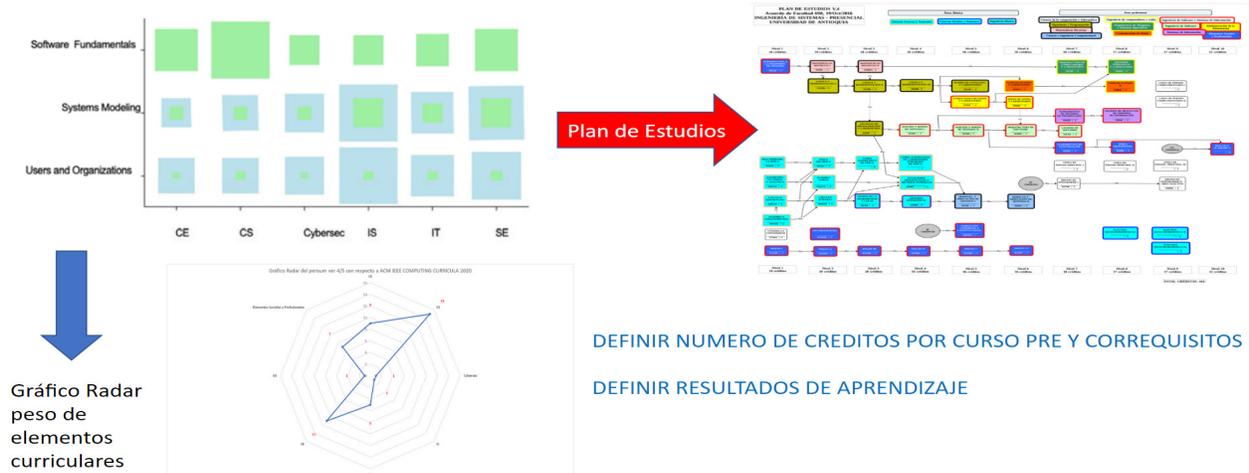


Figura 2. Metodología de mapeo curricular. Fuente: Autor

Según la metodología definida, se tomó cada curso del plan de estudios y relacionó con las áreas del conocimiento del CC2020. En la Tabla 3 se presenta un ejemplo de una parte de este mapeo que permitió generar el gráfico radar de la Figura 3 con los pesos de cada área.

Tabla 3. Mapeo Entre Disciplinas y áreas del conocimiento con el Pensum de ISI UdeA. Fuente: El Autor

Categoría	Área del Conocimiento	CE	CS	Cybersec	IS	IT	SE	DS	Elementos Sociales y Profesionales
1. Usuarios y Organizaciones	1.1 Social Issues and Professional Practice								Introducción a la IS Ética Profesional Practica Académica
	1.2 Security Policy and Management			Seguridad de la Información - ELEC-TIVO					
	1.3 IS Management and Leadership						Gestión de Proyectos de SI		Introducción a la IS Proyecto Integrador I y II



	1.4 Enterprise Architecture						Arquitectura de SW Desarrollo de App Empresariales - Electivo		
	1.5 Project Management						Gestión de Proyectos de SI		Fundamentos de Investigación Proyecto Integrador I y II
	1.6 User Experience Design						Ing Web ELEC-TIVA		
2. Modelamiento de Sistemas	2.1 Security Issues and Principles			Seguridad de la Información - ELEC-TIVO	FSI				
	2.2 Systems Analysis & Design						Análisis y Diseño I Análisis y Diseño II		
	2.3 Requirements Analysis and Specification				FSI		Análisis y Diseño I		
	2.4 Data and Information Management		Blockchain - Electiva		FSI		Estructura de Datos y Lab Bases de Datos y Lab	Big-Data - Electivo	

En la figura 3 se observa que el mayor peso se encuentra asociado a las áreas de Ingeniería del Software (SE) y Ciencias de la Computación (CS). Las áreas con menor peso son Ciberseguridad, Sistemas de Información (IS) y Ciencia de Datos (DS). Sin embargo, esta última área tiene relación con el área de CS, por lo tanto, se pueden complementar.



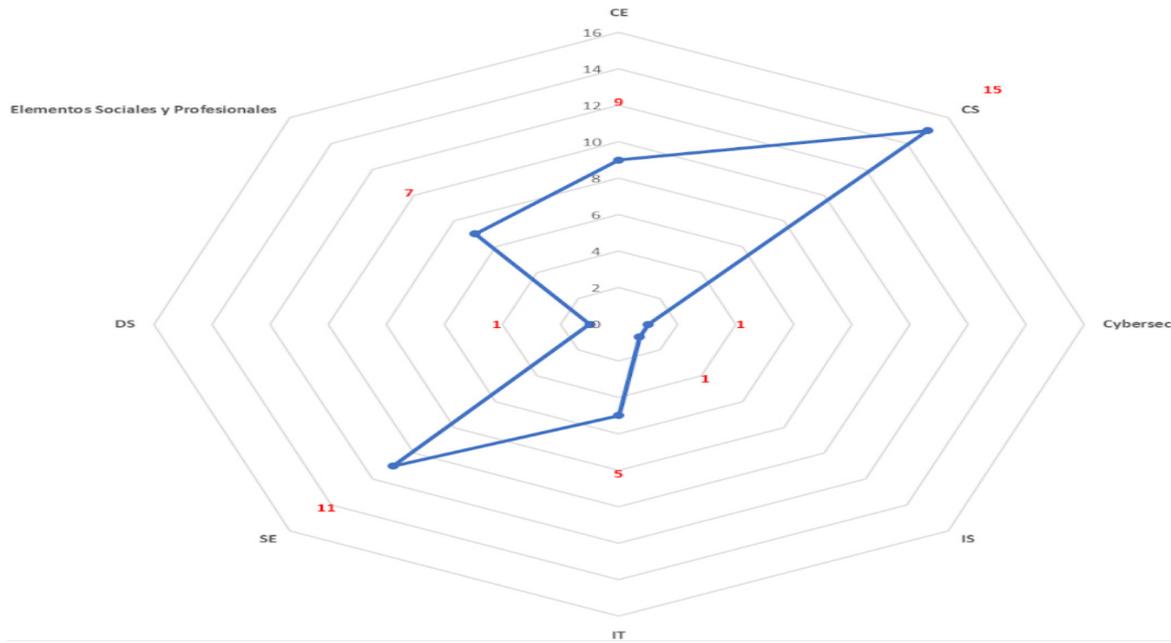


Figura 3. Gráfico Radar del pensum con respecto a ACM / IEEE CC2020. Fuente: El autor.

Otro punto elemento de análisis importante, fue la realización de un comparativo con las universidades más reconocidas del país con criterios como número de créditos, número de semestres, cantidad de materias y cantidad de cursos por áreas, la Figura 4 muestra uno de los resultados más importantes que fue el comparativo del peso por áreas con 14 universidades del país (en color rojo se destaca la Universidad de Antioquia).

Es importante anotar, que el nuevo diseño del plan de estudios se quiere fortalecer la oferta de cursos electivos para fortalecer tanto las competencias digitales en los estudiantes, como en las habilidades blandas.

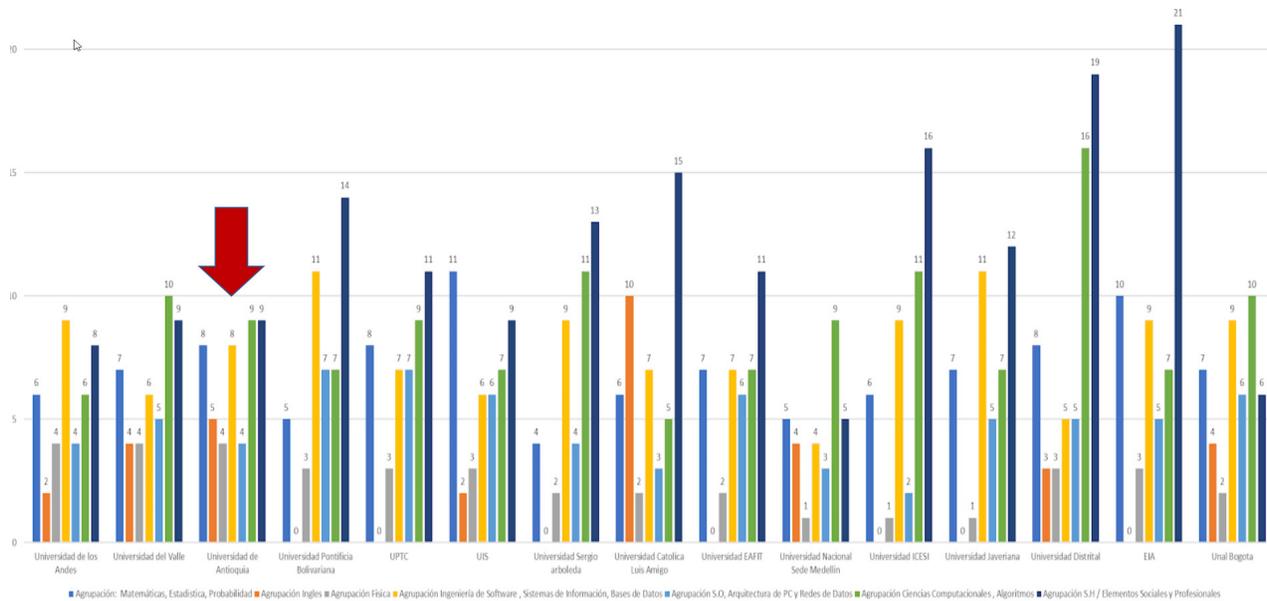


Figura 4. Comparativo peso de las áreas en programas Ing de Sistemas a nivel nacional. Fuente: El autor

Las tendencias tecnológicas identificadas en el Etapa 2 del proceso de renovación curricular se enfocan aparte del desarrollo de software e ingeniería del software en tecnologías de la cuarta revolución industrial. Es por esto que se optó por implementar los siguientes cursos en el plan de estudios (Ver tabla 4):

Tabla 4. Nuevos cursos por núcleo académico según mapeo curricular.

Núcleo Ingeniería del Software, y Sistemas de Información	Núcleo Ciencias de la Computación, Algoritmia y Programación	Núcleo Comunicaciones, Sistemas Operativos y Arquitectura de Computadores
<ul style="list-style-type: none"> • Seguridad de la Información • Ingeniería Web • Desarrollo de Aplicaciones Empresariales • Gestión de TICs • Big Data 	<ul style="list-style-type: none"> • Introducción a la Inteligencia Artificial para ciencias e ingeniería • Fundamentos de DeepLearning • Fundamentos de Procesamiento de Lenguaje Natural • Blockchain 	<ul style="list-style-type: none"> • Computación Cuántica ofrecido junto con Ingeniería Electrónica • Internet de las Cosas • Computación Móvil • Procesamiento Digital de Imágenes

3. Proceso de Análisis para renovación curricular de Ingeniería de Sistemas

El programa de Ingeniería de Sistemas de la UdeA, definió elementos prioritarios que se generaron de la etapa 2 y que sirvieron de insumo para la definición de los RA genéricos y específicos. Dentro de estos elementos están el proceso de análisis de pertinencia social del programa, análisis de la relevancia académica del programa, análisis de pertinencia universitaria del programa, consulta con Docentes, Egresados, Empleadores, y Estudiantes sobre los elementos misionales y pedagógicos renovados del programa. Lo anterior se resume en la tabla 5.

Tabla 5. Proceso de Análisis para renovación curricular de Ingeniería de Sistemas

ANÁLISIS DE PERTINENCIA SOCIAL DEL PROGRAMA	ANÁLISIS DE RELEVANCIA ACADÉMICA DEL PROGRAMA	ANÁLISIS DE PERTINENCIA UNIVERSITARIA DEL PROGRAMA	CONSULTA CON DOCENTES, EGRESADOS, EMPLEADORES, ESTUDIANTES SOBRE LOS ELEMENTOS MISIONALES Y PEDAGÓGICO RENOVADOS DEL PROGRAMA
<p>Estudio en el sector productivo sobre la oferta/demanda y el perfil esperado del ingeniero de sistemas y afines. (Informes del observatorio laboral en el sector TIC de MinTIC, Fedesoft y Ruta N.</p> <p>Estudio de políticas estatales, a diferente nivel, e iniciativas privadas que incentiven el desarrollo de las TICs (Estrategias</p>	<p>Estudio de la oferta/demanda de programas universitarios en ingeniería de sistemas y afines (regionales o nacionales).</p> <p>Estudio de la evolución disciplinar de la computación y de las tendencias</p>	<p>Estudio de la congruencia de la Misión, Visión, Objetivos, Principios, Lineamientos curriculares de la UdeA con los correspondientes del Departamento y el programa.</p> <p>Estudio de la congruencia de la Misión, Visión, Objetivos, Principios y Valores, Modelo pedagógico, y Propósitos de Formación de la Facultad de Ingeniería con</p>	<p>Diseño y aplicación de instrumentos de consulta a los diferentes actores por medio de formularios</p> <p>Análisis de los resultados</p> <p>Incorporación de modificaciones</p>

<p>gubernamentales o privadas (Ecosistema de emprendimiento e innovación: RutaN, ParqueE, Innpulsa, Tecnova, APP.co, Creame, Endeavor, Tecnalia)) Estudio del impacto de la ingeniería en la sociedad, en específico de la ingeniería de sistemas o ingeniería informática: aspectos normativos y éticos del manejo de la información; TIC.</p>	<p>curriculares de los programas académicos considerados, actualmente, en ese campo.</p>	<p>los correspondientes del Departamento y el programa. Renovación de los elementos misionales (Misión, Visión, Principios, Objetivos) y pedagógicos (Modelo pedagógico, Propósitos de Formación, Perfiles de egreso: profesional y ocupacional) del Programa. Estudio e incorporación de nuevo elemento curricular: Resultados de Aprendizaje (RA) del programa Análisis de la articulación entre el concepto de RA y el de competencia</p>	
--	--	---	--

4. Conclusiones

La metodología propuesta para renovación curricular del programa de Ingeniería de Sistemas de la UdeA, permitió de una forma organizada realizar proceso de autoevaluación del currículo actual, estudiar las tendencias en el campo de la informática y la computación, analizar el peso de las áreas académicas del plan de estudios mediante un proceso de mapeo curricular basado en las guías curriculares del ACM / IEEE Computing Curricula 2020 y definir los resultados de aprendizaje esperados para el programa, siempre enfocando en mantener o elevar la calidad del mismo. Se espera así terminar la etapa 4 y así construir la nueva malla curricular orientada a la versión 6 del pensum, para posteriormente solicitar su aprobación ante el MEN a más tardar en el último trimestre del 2022.

5. Referencias

Memorias de Congresos

- Robinson R, Hensel E. (2015). A Process for Assessment of ABET Student Outcomes in a Mechanical Engineering Department. 13th LACCEI Annual International Conference: "Engineering Education Facing the Grand Challenges, What Are We Doing?". Digital Object Identifier (DOI): <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2015.1.1.262>

Fuentes electrónicas

- ACM /IEEE Computing Curricula CC2020 (2020). A Computing Curricula Series Report. Paradigms for Global Computing Education. Consultado el 01 de junio de 2022 en <https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/curricula-recommendations/cc2020.pdf>
- Consejo Nacional de Educación Superior – MEN (2020). Acuerdo 02 del 1 de Julio de 2022. Consultado el 01 de junio de 2020 en <https://www.mineducacion.gov.co/portal/Educacion-superior/CESU/399567:Acuerdo-02-del-1-de-julio-de-2020>.



- UdeA. Evaluación Curricular Ingeniería de Sistemas (2020). Consultado el 28 de mayo de 2022 en <http://shorturl.at/gLEV2>
- UdeA. Tendencias actuales en Informática (2019-2020). Consultado el 28 de mayo de 2022 en <http://shorturl.at/oHKQX>

Otras Fuentes

- MEN. (2020). Resolución MEN Nro 018036 del 28 de septiembre de 2020.

Sobre el autor

- **Diego José Luis Botia Valderrama:** Ingeniero de Sistemas y Computación, Máster en Software Libre, Doctor en Ingeniería Electrónica. Profesor Asociado y jefe del Departamento de Ingeniería de Sistemas Universidad de Antioquia. diego.botia@udea.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2022 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

