

CAPACIDADES INNOVADORAS Y TENDENCIAS TECNOLÓGICAS EN LOS CURRÍCULOS DE LOS PROGRAMAS DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

INNOVATIVE CAPABILITIES AND TECHNOLOGICAL TRENDS IN THE CURRICULA OF THE SYSTEMS ENGINEERING PROGRAMS

Catalina Arias-Duque, Mónica Eliana Aristizábal Velásquez

¹Facultad de Ciencias Administrativas, Económicas y Contables, Universidad Católica Luis Amigó, Colombia

E-mail: cataarias@hotmail.com, monica.aristizabalot@amigo.edu.co

(Enviado Abril 13, 2018; Aceptado Mayo 21, 2018)

Resumen

Las capacidades de innovación, desde la perspectiva de las capacidades humanas de Martha Nussbaum, se describen desde lo que se es capaz de ser y hacer; hecho que adquiere relevancia en los currículos, y en especial en los que atañen esta reflexión que es la formación de futuros ingenieros de sistemas. El profesional de ingeniería de sistemas, al ser impactado por las constantes transformaciones de las ciencias de la computación, requiere una estructura curricular que le permita adelantarse a los acontecimientos y tener claridad de las tendencias tecnológicas, pero, además, que le permita entender su papel dentro de la sociedad y en la transformación de la misma. Se plantea que, desde las “capacidades innovadoras”, se pueda generar un desarrollo integral que vincule no sólo la obtención de habilidades técnicas y prospectiva de las mismas, sino también potenciar el desarrollo humano.

Palabras clave: *Currículo, Innovación Tecnológica, Capacidades de Innovación, Ingeniería de Sistemas, Tendencias Tecnológicas.*

Abstract

The innovation capabilities from Martha Nussbaum human capabilities perspective, are described from what one is capable of being and doing; a fact that acquires relevance into curricula, and especially in those that concern this reflection what is the formation of future systems engineers. The system engineer professional, being impacted from the constant computation science transformation, not only requires curricular structure that let him get ahead of the events and be clear about technological trends, but also allow him to understand his role into society and its transformation. It is proposed that, from the "innovation capabilities", an integral development can be generated, that links not only the obtention of technical abilities and its perspectives but also the enhancing of human development.

Keywords: *Curricula, Technological Innovation, Innovation Capabilities, System Engineering, Technological Trends.*

1 INTRODUCCIÓN

La ingeniería presenta sus inicios desde finales de la edad media, ganando protagonismo en la revolución industrial en los siglos XVII, XIX y XX con el surgimiento de las primeras máquinas; es evidente su aporte a las sociedades, han sido décadas, e incluso siglos, de contribuciones tecnológicas y avances industriales [1].

En el caso especial de la ingeniería de sistemas, no se conoce como una de las más antiguas de su área, es relativamente reciente comparada con otras ingenierías; de acuerdo con los análisis y discusiones del I Encuentro Nacional de Programas de Ingeniería de Sistemas (REDIS) realizado en Colombia en el año 2010, se asocia el inicio de la “Ingeniería de Sistemas” en los años sesenta con el auge de los computadores; contexto de desarrollo que ha tomado gran fuerza e importancia a nivel mundial [2].

Lo anterior, podría dar indicios de un hábitat dispuesto para el crecimiento y auge de la profesión o carrera, pero pese a lo anterior, para el mercado mundial, actualmente el ingeniero de sistemas viene camuflando su misión y parece estar delegando funciones y especialidades técnicas a tecnólogos y técnicos del área, disminuyendo así importancia y desdibujando su impacto.

Desde esta perspectiva, algunas empresas ya no ven tan necesaria la participación de ingenieros en el área de sistemas, los jóvenes se están viendo desmotivados para estudiar la profesión y se está perdiendo la noción de su función [2].

El objeto sobre el cual se realiza esta reflexión es el currículo, y en especial el que forma ingenieros de sistemas, por lo cual uno de los aspectos que se señalan

respecto a la formación de estos ingenieros es que sus currículos no están siendo fortalecidos en “capacidades innovadoras”, siendo las capacidades las que le permiten a la persona desarrollar la libertad de tomar las oportunidades desde su capacidad de ser y hacer [3].

En cuanto a la capacidad de hacer, en la formación del ingeniero de sistemas como transformador de las ciencias de la computación, los currículos de esta disciplina deberían estar sujetos a las grandes tendencias tecnológicas con las que debe alinearse y dar respuesta en forma prospectiva, no sólo con los requerimientos del hoy, sino los del mañana, los que se estarán tejiendo para el egresado.

Si los currículos de las instituciones educativas de un país no se alinean para la formación con el desarrollo y constante adelanto tecnológico, dicho país correrá el riesgo de ser sólo importador de tecnología, y no estaría caminando hacia la evolución y competencia que el mundo, con su avance, requiere.

El enfoque en capacidades desde el ser busca el desarrollo de las libertades, tal como lo propone Martha Nussbaum. La idea es que, desde el desarrollo humano, el ingeniero no solo se forme como un propulsor de la economía de un país, sino que, al pensar en ese país, su innovación, su desarrollo, también procure soluciones que socialmente ayuden a la calidad de vida.

Por lo anterior, se genera a continuación una reflexión que vincula lo curricular con el desarrollo de capacidades de innovación como elemento para propiciar la innovación tecnológica en los futuros ingenieros de sistemas en pro del desarrollo social.

2 MARCO REFERENCIAL

Como perspectivas conceptuales para abordar esta abstracción, se presentan cuatro categorías que permiten dar contexto y fundamento, en el marco de la ingeniería de sistemas y las ciencias de la computación e ilustrar la conexión con las capacidades de innovación; así como los aspectos que pueden asociarse a partir de las tendencias tecnológicas.

2.1 Categoría 1: Ingeniería de sistemas y ciencias de la computación

Relacionando algunas fotografías históricas sobre el surgimiento de los computadores y los sistemas de información se visualizan fundamentos desde el siglo XII donde nace el ábaco moderno, luego el siglo XVIII lo que se conoció como máquina de escribir y la revolución industrial en el siglo XIX con el telar automatizado, el telégrafo, el teléfono, la radio, entre otros [4].

La historia del desarrollo computacional fue desarrollándose poco a poco; lo que se conoció como el principio del computador moderno: La máquina analítica, fue concebida por Charles Babbage, apoyado por Ada Lovelace, fue uno de los primeros pasos en el intento por

desarrollar tecnología que coadyuvara al hombre en tareas de análisis o cálculo [4].

Al cabo del tiempo, el gobierno le retiró a Babbage y a Ada el apoyo financiero, lo que llevó al estancamiento y cese de las actividades de la máquina analítica. Lo que puede evidenciar como la tecnología de este siglo (1800s) no estaba lista aún para los computadores y no estuvo lista hasta 100 años más [4].

Finalmente, En el siglo XX, se consuman los resultados definitivos para el inicio de las Ciencias de la Computación. Algunos hitos que hicieron historia se describirán a continuación, aclarando que no fueron los únicos, pero se citan en este contexto ya que fueron elegidos para ilustrar el surgimiento del microcomputador en el año 1981; hecho que marcó un acontecimiento importante pues, a diferencia del alcance de esta tecnología exclusiva al principio solo para gobiernos y empresas, significaba la posibilidad de acceder a la tecnología por cada individuo.

La siguiente tabla (Tabla 1), presenta algunos de estos hitos.

Tabla 1 Algunos hitos de la historia de los computadores .

Año	Acontecimiento
1939	✓ Atanasoff crea el primer computador digital ✓ Zuse termina el primer computador programable de propósito general
1943	✓ Computador Colossus de Turing descifra códigos de Nazis
1944	✓ El profesor Howard Aiken, de Hardware, un millón de dólares aportados por IBM, completó la Mark I. Medía 15 mts. de largo y dos y medio de altura.
1946	✓ Se construye el ENIAC, (<i>Electronic Numerical Integrator and Computer.</i>) Pesaba 30 toneladas y tenía 18000 tubos al vacío. Para la segunda guerra mundial apoyando a Estados Unidos.
1947	✓ Shockley Brittain y Ardeen inventan el transistor. (Reemplaza tubos al vacío).
1956	✓ En Bell Labs se construye el primer computador transistorizado.
1969	✓ Primer microprocesador.
1972	✓ Primer juego de computador casero.
1974	✓ Primer microcomputador
1976	✓ Xerox es el pionero de la interfaz gráfica con el usuario
1981	✓ IBM presenta su primer microcomputador

Fuente: Elaboración propia, tomada de Beekman (1998) [4].

La ingeniería de sistemas nace con las ciencias de la computación, lo que nos indica que no es una de las ingenierías más antiguas, no obstante, es necesario dar cuenta cómo esta fue cobrando sentido a medida que surgen los computadores, pues éste incluyendo el software que lo acompaña, fue desde el principio su objeto de desarrollo y elemento sobre el que vienen surgiendo los últimos adelantos tecnológicos. La ingeniería de sistemas estudia los “sistemas”, basándose en el concepto que existe

para las ciencias de la computación, dado que para las diferentes ciencias esta definición tiene un contexto diferente [5].

La Association for Computing Machinery (ACM) & IEEE Computer Society, define las ciencias de la computación como objeto de estudio de la siguiente manera: “La ingeniería informática es una disciplina que incorpora la ciencia y la tecnología del diseño, la construcción, la implementación y el mantenimiento de los componentes de software y hardware de los sistemas informáticos modernos y los equipos controlados por computadora” [6].

Tomando lo anterior, se puede esclarecer que, para las ciencias de la computación un sistema es un amplio conjunto de componentes integrados que interactúan mutuamente para alcanzar juntos una función compleja. Estos sistemas pueden descomponerse en subsistemas más pequeños o ser parte de otro sistema más grande.

Se explica que, un sistema no es sólo aquel producto de software que tiene una conversación directa con el usuario, por ejemplo, un procesador de palabras; un sistema puede ser también el software que administra y gobierna el hardware y éste a su vez, el *hardware* en sí mismo.

2.2 Categoría 2: Tendencias tecnológicas e innovación

Las tendencias tecnológicas se refieren a todas aquellas evoluciones, de tipo tecnológico, que se han dado y se espera se sigan dando en el tiempo. Las ciencias de la computación en las últimas décadas han alcanzado un nivel inimaginable respecto a los avances tecnológicos y es la ingeniería de sistemas la que constantemente se encuentra en tensión por estos adelantos y avances.

Para la organización Gartner, que es una de las más importantes del mundo en cuando a investigación en tecnología, las tendencias tecnológicas para el 2018 las clasifican en 3 grandes bloques: *Intelligent* (Inteligencia); *Digital* (Digital) y *Mesh* (Combinación) [7].

La Inteligencia, tecnología con una cierta autonomía, es la que tiene componentes de presunta inteligencia que no depende del humano; ésta se divide a su vez en: *AI foundations* – Fundamentos de Inteligencia Artificial, *Intelligent Apps and Analytics* – Aplicaciones inteligentes y analíticas y *Mesh* – Conexión entre componentes [7].

Digital, significa verter el mundo real en el mundo virtual en una experiencia digital combinada. Ésta se divide a su vez en: *Digital Twins* – Digital combinado con humano, *Cloud to the Edge* – Nube al filo de cómputo, *Conversational Platform* – Plataformas conversacionales (chatbots) e *Inmersive Experience* – Experiencia de Inmersión [7].

Conexión entre componentes, se refiere a todo lo que tiene que ver con conexiones, dinámicas, de personas, de procesos de aplicaciones, de tecnologías y de dispositivos.

Ésta se divide a su vez en: *BlockChain* – Cadena de conexión, *Event – Driven* – Direccional eventos y *Continuous adaptative risk and trust* – Adaptación continua al riesgo [7].

Es necesario tener claridad que son las tendencias tecnológicas las que apalancan los ejercicios constantes de innovación, que, entendida desde el contexto de país, normalmente, se dispara desde la motivación empresarial o social. Para este fin, es importante destacar los apoyos que se vienen otorgando en los últimos años, tanto a nivel empresarial, como de gobierno.

Según estudios de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos OCDE, cuya misión es promover políticas que mejoren el bienestar económico y social de las personas alrededor del mundo, se indica que la innovación en el sector empresarial obtiene apoyos gubernamentales mediante beneficios específicos que lo que intentan es promover los avances para el desarrollo y crecimiento económico [8].

Las anteriores tendencias y ejercicios de innovación, entre otros que surgen, marcan la línea a seguir para la ingeniería de sistemas, lo que permite cuestionarse sobre si los estudiantes de esta profesión o futuros profesionales, y más aún, si sus currículos, tienen la claridad suficiente de esta dinámica evolutiva que les permita adelantarse y proyectarse a las necesidades y requerimientos de este contexto tecnológico que avanza cada vez con mayor rapidez.

La investigación puede ser una estrategia sistemática y viable para intentar materializar dichas tendencias y mantenerlas en el tiempo. Las IES (Instituciones de Educación Superior), son uno de los terrenos donde estas investigaciones se pueden desarrollar.

2.3 Categoría 3: Capacidades de Innovación

Las capacidades tomadas desde el punto de vista de la formación, y en especial en el nivel universitario, tienen como fundamento el desarrollo humano. ¿Qué es, entonces, el desarrollo humano basado en capacidades para la universidad? Unceta presenta, de acuerdo con el rector de la Universidad de St. Andrews en Escocia Stuart Mill en su discurso de 1867, que el objetivo de la universidad no es formar ingenieros o médicos hábiles, sino seres humanos capaces. Además, afirma que el objetivo de la universidad es formar estudiantes que pongan en duda las cosas, que no acepten doctrinas propias o ajenas sin el riguroso escrutinio; señala que “el análisis del papel del conocimiento en la promoción del desarrollo humano se encuentra indisolublemente unido a la cuestión de las capacidades” [9].

Esta noción de capacidades ha sido promovida y promulgada por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) desde 1989, con base en las propuestas de Amartya Sen y Martha Nussbaum, como principales exponentes [9].

Unceta, argumenta desde la teoría de capacidades de Nussbaum, la aplicación a la universidad, desde varias perspectivas: desde las capacidades internas, que se definen como “las características de una persona (los rasgos de su personalidad, sus capacidades intelectuales y emocionales, su estado de salud y de forma física, su aprendizaje interiorizado o sus habilidades de percepción y movimiento)” y desde las combinadas, que “son la suma de las mencionadas capacidades internas y aquellas otras que dependen del entorno político, social y económico” [9].

El concepto de capacidades desde Nussbaum parte de la libertad, o lo que ella llama “libertades sustanciales” u oportunidades que se pueden llevar o no a cabo y que están en una estrecha relación con la consciencia de las desigualdades sociales [3].

A partir de lo anterior, y teniendo como referente tanto capacidades internas como combinadas en función de “lo que es capaz de hacer y de ser de cada persona” sin perder de vista las “libertades sustanciales” [3], esta reflexión toma el concepto de capacidades y lo aplica conjuntamente con el de innovación para soportar la formación en ingeniería de sistemas, interpretando “capacidades de innovación” como la conciencia social y humana que conlleva tener capacidades centrales tales para el desarrollo humano y no solamente como una suma de ganancias tecnológicas.

El enfoque que se da desde el ejercicio formativo del ingeniero de sistemas es que estas capacidades, desarrolladas en el trayecto de las propuestas curriculares, sirven como base para cultivar en el estudiante y posible ingeniero el discernimiento ante las diferentes posibilidades que ofrece su campo de acción en algunos temas posiblemente también sociales; éstos pueden ser relacionados por ejemplo, hacia la contribución del mejoramiento de la sociedad actual, entendiendo que la formación “tecnocientífica” no se encuentra en dirección contraria a la “formación humanista”, antes bien esta se pone al servicio “de la liberación permanente, de la humanización del hombre” [10].

En congruencia con lo anterior, el enfoque del desarrollo humano integral en la universidad ha tomado matices interesantes que apoyan la postura de la formación desde las capacidades; tal es el caso de Villa Hincapié, quien lo orienta desde la perspectiva de la “crisis” en la universidad partiendo de un argumento que se basa en la falta de profundización en el desarrollo humano y como ésta se ha preocupado más por sus efectos en la sociedad, pero desde lo que conviene a la ciencia, a la técnica o al mercado global y no tanto desde el horizonte de las humanidades [11].

La teoría de Villa Hincapié, propone una desmonopolización de la construcción del conocimiento en congruencia con el eurocentrismo científico, y propone más la construcción de conocimiento de una manera más multidisciplinar, transdisciplinar y ética [11].

Las capacidades innovadoras se expresan en esta reflexión, como el desarrollo de esas potencialidades tecnológicas para el desarrollo que vienen cargadas de sentido humano utilizando las capacidades centrales.

Boni, ha realizado una propuesta para currículos con base en capital y desarrollo humano para ciudadanos globales, en esta propone lo que puede ser el símil para las capacidades de innovación que aquí se enuncian: “la capacidad de imaginar y realizar proyectos orientados al bien común” [12].

Carpio, refuerza la anterior postura con la propuesta del enfoque por competencias desde la perspectiva del desarrollo humano, de donde, basado en elementos teóricos sobre éste, se critica también el modelo economicista y se enfatiza en el modelo de calidad de vida propuesto por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Este estudio enfatiza, como un reto para la universidad del nuevo siglo, destacar el desarrollo de capacidades y valores para el desarrollo de un proyecto de vida [13].

Lo interesante de la propuesta de Carpio, es como visualiza estas capacidades con la innovación, tomándolas desde la formación del pensamiento crítico, de tal forma que al adquirirlas y desarrollarlas paralelamente éstas desarrollan tal comportamiento.

Las capacidades superiores permiten no sólo captar la información sino transformarla generando conocimiento. Nos referimos específicamente al tipo de pensamiento que se orienta en relación, al pensamiento global, el pensamiento crítico, el pensamiento innovador, y aquellas formas de pensamiento que nos permiten tomar decisiones [13].

Muñoz y Calle, apoyan el desarrollo humano como aspecto que se debe privilegiar en la formación, incluso como base para generar nuevos conocimientos, es decir, aquellos saberes que el estudiante debe aprender y que serán afianzados con más destreza con la premisa de un buen desarrollo humano basado en capacidades [14].

Por lo anterior, y como se podrá observar a lo largo de esta reflexión, que se vincula el término “capacidades de innovación” con aspecto fundamental a desarrollar en los currículos para la formación de los futuros ingenieros sistemas el desarrollo como eje que promueva el hacer innovador desde la técnica y objeto de estudio, pero cargado de sentido social que se promueve desde el mismo desarrollo humano.

2.3 Categoría 4: Currículo

Es importante enunciar la valiosa definición y epistemología del currículo, sin embargo, son tantas las conceptualizaciones, las perspectivas, las posturas, los modelos, las tradiciones que no se torna una tarea sencilla tomar uno u otro elemento de cada uno de ellos. Díaz-Barriga, afirma que el currículo forma parte de los saberes

educativos de un gran debate en el siglo pasado y que el vocablo currículo adquiere una característica que lo asemeja a otros construidos en la teoría educativa del siglo XX: evaluación y planificación [15].

No se desconoce que existe una ineludible referencia para la frontera del currículo y es el hecho de partir de un contexto específico que le imprime cada país, en el cual, existe una normatividad que circunda las costumbres sociales, culturales y económicas. Desde esta realidad, se colocan cimientos conceptuales, pues el escenario educativo sea público o privado, contiene al menos elementos base convergentes con las regulaciones y el contexto del país en el cual se da.

Para explicitar el concepto de currículo, en el contexto colombiano, se parte de la definición desde la normativa; de acuerdo con la Ley 115 de 1994 en la República de Colombia, la cual es llamada la Ley General de educación; allí existe una definición para currículo:

Currículo es el conjunto de criterios, planes de estudio, programas, metodologías, y procesos que contribuyen a la formación integral y a la construcción de la identidad cultural nacional, regional y local, incluyendo también los recursos humanos, académicos y físicos para poner en práctica las políticas y llevar a cabo el proyecto educativo institucional. (Art.76) [16].

Desde el punto de vista cultural, García Bravo & Martín Sánchez, cuenta que la educación pública en Colombia, por ejemplo, empieza a demandar contenidos educativos con enfoques desde lo filosófico, teórico, político, pedagógico y social cuyo fin es comprender y atender la diversidad cultural en el sistema educativo.

Esto se hizo muy visible como una propuesta impulsada entre otros elementos por la diversidad cultural de la Constitución de 1991, que busca mostrar la perspectiva cultural y política que la educación pública puede ofrecer y a su vez servir como instrumento de esa inclusión social esperada [17].

El currículo en las diversas instituciones educativas tiene contenidos y alternativas disímiles; pero en lo que trata de buscar convergencia es en las intenciones. Por ejemplo, posiblemente sean más cómodos ciertos elementos de tecnología de punta para un laboratorio en un grupo de estudiantes de cierta institución que en otra, sin embargo, la intencionalidad del objetivo curricular puede ser la misma.

Con este hecho, la institución que no cuenta con los recursos podría, por ejemplo, acudir a la consecución en forma subsidiada, o por medio de intercambio de estudiantes o quizás mediante algunos convenios con sectores productivos o el mismo sector educativo. En este caso el diseño del currículo variará en los procedimientos didácticos, pero su resultado puede ser mayormente similar.

A continuación, se presentan los tipos de currículos que aportan e impactan de manera explícita en el ejercicio formativo:

Macro-currículo

Éste se refiere al nivel macro del currículo, se identifican problemas y temáticas generales que deberá afrontar el programa. Contiene entre otros la fundamentación, la contextualización, los propósitos de formación, las competencias generales de los egresados y las áreas del conocimiento específicas [18].

Meso-currículo

Éste baja un poco de nivel y describe las áreas temáticas profesionales, las áreas temáticas básicas, las competencias del egresado soportadas por las áreas temáticas profesionales, las competencias, la definición de unidades temáticas (cursos, asignaturas, etc.) con sus contenidos y sus propósitos, hasta llegar al mapa general de unidades temáticas por niveles o semestres [18].

Micro-currículo

Este nivel es más detallado, tiene la descripción de las actividades de aprendizaje, para impartir en los contenidos de las unidades temáticas (asignaturas, cursos) utilizando estrategias didácticas específicas para cada una [18].

Después de identificar el significado de currículo y los niveles de currículo según su estructura y detalle, se pasa a describir los modelos de currículo que se han configurado durante el tiempo. En este sentido, es notable el esfuerzo realizado para tratar de concretar un concepto que por años ha sido completamente teorizado y cuestionado, además de las diversas tradiciones que pueden existir en su evolución. De acuerdo con el análisis epistemológico realizado por Román y Díez las tradiciones o modelos curriculares más nombrados son: Académico, Tecnológico Positivista, Interpretativo y Socio – Crítico.

- Académico: Sus raíces están enfocadas en el trivium y cuatrivium (tres y cuatro vías de para obtener conocimiento). El trivium comprendía la gramática, la dialéctica y la retórica y el cuatrivium comprendía la aritmética, la geometría, la astronomía y la música [19].
- Tecnológico- positivista o conductista: Es el modelo que inicia con cambios en cuanto a que se observa el currículo con el enfoque de organización, planeación, evaluación, se trazan objetivos generales y de aprendizaje. También se apoya en el conductismo mediante estímulo-respuesta. Como parte del aprendizaje se toma en cuenta las experiencias generadas en el ámbito de la escuela [19].
- Interpretativo-Cultural: Es un modelo más existencialista, la enseñanza desarrolla valores y capacidades, el profesor tiene un papel importante en el desarrollo del aprendizaje. Se centra en

valores como parte de una sociedad. Defiende flexibilidad curricular, impulsa métodos eclécticos ó prácticos. Posee tres corrientes: reconceptualista, práctica y cognitiva [19].

- Socio – Crítico: El currículo se conecta con la sociedad, este modelo deja al positivismo como parte del sistema, pero no como el principal enfoque. Se promueve la crítica desde el aula argumentando la razón, la libertad y la autonomía. Este modelo termina de reforzar y determinar la práctica como llave fundamental de acompañamiento de la teoría. Modelo setentero y considerado moderno y – postmoderno [19].

Se puede deducir que currículo es todo lo que compone la escuela, su desarrollo en las clases y fuera de ellas, con el objetivo de desarrollar los contenidos educativos de tal manera que puedan ser evaluados. En esta intención, se logran objetivos planeados y no planeados, para estos últimos, el resultado puede o no ser evaluado pues, cuando un estudiante desarrolla habilidades o aprende algo que no fue planeado, posiblemente sea imperceptible para el docente o para la institución misma, no obstante, impactan y se encuentran presentes en el ejercicio formativo de cada individuo.

3 REFLEXIÓN

Todo lo anterior permite contextualizar la temática sobre la cual se desarrolló la argumentación que presenta a continuación; se incluyen tres conclusiones que involucran la importancia de la definición y desarrollo de las capacidades de innovación y tendencias tecnológicas en los currículos de los programas de ingeniería de sistemas.

3.1 Innovación e investigación

Las capacidades de innovación deberán ser desarrolladas en paralelo con la creación del conocimiento como un eje fundamental de la generación de conocimiento [21]. Por lo anterior, las capacidades de innovación deberán presentarse dentro del marco de las Instituciones de Educación Superior IES que forman ingenieros de sistemas, como un condimento requerido y necesario para la investigación aplicada, y para reforzar el compromiso adquirido que tienen las universidades con el estado y las empresas, el cual implica generar conocimiento de innovación.

Estudios realizados sobre el marco de vinculación para el fomento de la ciencia, la incubación de formación tecnológica y la estimulación de la innovación en la relación Universidad, Empresa y Estado (UEE), basado en los *Clusters* de conocimiento; descubre que la triada, ciencia, estado y universidad ha llevado a las IES a tener mayor claridad sobre su papel y aporte en los diferentes escenarios que propicien la innovación y sus diferentes frentes de acción [20].

Pese a los apoyos gubernamentales para la innovación, es necesario contar con el capital humano, estudiantes y docentes investigadores, que pueda hacerse cargo de materializar toda esta innovación que permita la generación de conocimiento con base en el desarrollo de las capacidades de innovación e investigación.

Se tiene infraestructura suficiente para abordar proyectos de investigación e innovación, pero debido a la baja participación de docentes y estudiantes en los proyectos de I + D no se obtienen resultados constantes y suficientes [21]. Las capacidades de innovación de las que habla Henao García, López González, y Garcés Marín [21] son las capacidades de innovación de las universidades.

No se debe confundir las capacidades de innovación aplicadas a las personas, con las capacidades de innovación aplicadas a las empresas y/o universidades. Serrano García y Robledo Velásquez presenta una serie de variables enfocadas a evaluar capacidades de innovación en las organizaciones, mediante un diagrama de afinidad. En éste, éstas variables se encuentran agrupadas en lo que se ha denominado 5 capacidades: Capacidad de I + D, Capacidad de Producción, Capacidad de Planeación, Capacidad de relacionamiento organizacional, Capacidad de aprendizaje organizacional. No obstante, pueden interpretarse adaptadas a la universidad tomada ésta como una empresa con procesos [22].

Sin embargo, tanto la postura de [21] como la de [22], se toman como parte de la capacidad investigativa que poseen las universidades y cómo éstas se apoyan en el capital humano requerido para las investigaciones. Este capital humano, (traducido en parte en estudiantes, docentes e investigadores) son quienes finalmente deben desarrollar las capacidades de innovación desde el desarrollo humano.

3.2 Capacidades de innovación y desarrollo humano

El enfoque en capacidades de innovación desde el desarrollo que propone esta reflexión adopta la propuesta de Nussbaum , y construye un concepto para esta necesidad especial en los ingenieros de sistemas.

Infiriendo que el ingeniero de sistemas tiene su objeto de estudio en la estructura de las ciencias de la computación, las capacidades innovadoras se presentan como la acumulación constante de capacidades, es decir, tener la libertad de ocuparse en tomar las oportunidades que presentan las Ciencias de la Computación, y desde su capacidad de ser y hacer mejorar su funcionamiento, inventar nuevos elementos que se adicionen o evolucionen los existentes y si es necesario, reinventar su objeto las veces que le sea conveniente, siempre y cuando esto sea útil a la sociedad y al mundo, todo de manera cíclica y progresiva.

La Figura 1 ilustra de manera visual este concepto propuesto. Observándola, podemos darnos cuenta que las capacidades de innovación le permiten al estudiante de ingeniería de sistemas desarrollar la libertad de tomar las

oportunidades desde su capacidad de ser y hacer para transformar las ciencias de la computación.

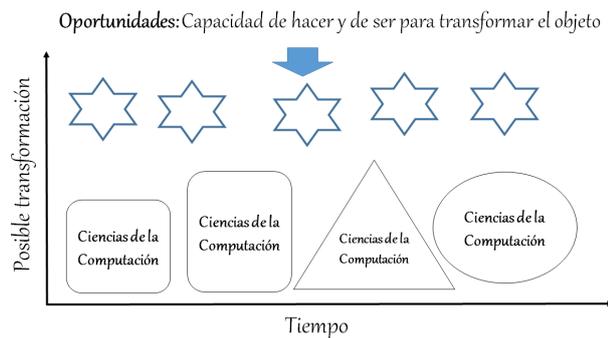


Figura 1 Capacidades de Innovación para el ingeniero de sistemas.
Fuente: elaboración propia.

Esta transformación, no es lineal, podrían determinarse reenfoques que cambien completamente un tema o un producto y es justo esta libertad la que permite llegar a la innovación tecnológica, pues cada una de las estrellas, representa la oportunidad que cada ingeniero pueda tomar, la que elija, será porque es la que le permite desarrollar lo que él puede ser o puede hacer.

En todo caso, las capacidades de innovación se hacen ideales se enfoquen en desarrollar las Ciencias de la Computación, como base de la generación de tendencias tecnológicas nuevas y mejores sobrepasando su libertad, su creatividad, volviendo a las raíces de estas ciencias para poder generar aporte en innovación y refrescar su estructura.

Tal y como lo hizo un Babbage con su máquina analítica o un Atanasoff con su computador digital, se requiere que el ingeniero de sistemas sobrepase sus libertades y tome las oportunidades. Si estos personajes históricos no hubiesen tenido la capacidad de innovación para sobrepasar sus libertades y sus propias oportunidades hoy en día no existiría la computación.

En este sentido, la carencia de capacidades de innovación desarrolladas desde el currículo tal y como nos muestra el enfoque de Nussbaum, podría estar llevando al ingeniero de sistemas a desdibujar su función principal: "Ingeniar".

Se presume, entonces, conveniente que las propuestas curriculares vinculen un enfoque en capacidades alineadas con las tendencias tecnológicas desde la perspectiva no sólo local, si no global enfocando también el beneficio y desarrollo de las sociedades [11].

3.3 Enfoque de currículo para las capacidades Innovadoras

En el contexto de las capacidades innovadoras, se pueden tomar elementos de varios modelos curriculares, que promuevan un enfoque que lleva al desarrollo de estas capacidades como apalancadoras del propio sentido

científico – tecnológico de las ciencias de la computación, mediante herramientas de capital humano, técnico y social.

Entonces, se considera que un enfoque en una propuesta curricular para el desarrollo de capacidades de innovación en los estudiantes de ingeniería de sistemas puede estar compuesto por mínimo los siguientes elementos de aprendizaje:

Cognitivo + Tecnológico + Capacidades de
Innovación + Desarrollo Social + Investigación

Como se observa en la propuesta anterior, el enfoque curricular que se busca contiene el elemento cognitivo, como reconocimiento de la importancia que tiene el aprendizaje de conceptos particulares en la ingeniería. El siguiente componente es el tecnológico, éste asociado a la constante validación de lo vigente y la tendencia.

Acto seguido, encontramos el elemento relacionado con el desarrollo social, él muestra los retos de la universidad actual en congruencia con el desarrollo humano integral y el desarrollo de las capacidades hacia el aprendizaje innovador; conecta este desarrollo de capacidades también con el desarrollo de sociedades, con la importante responsabilidad de la universidad en este ámbito, mirado desde las propuestas curriculares, en suma, una educación que podemos calificarla como "generadora" donde se promueva la expansión de capacidades y el fortalecimiento del desarrollo humano, debe propiciar entornos sugestivos que promuevan el aprendizaje innovador y la capacidad autónoma del estudiante, que se preocupa a su vez por la problemática de su medio social. Esto implica revisar, de acuerdo al contexto donde se desarrolla, su diseño curricular, la metodología, y la evaluación de los aprendizajes, que son momentos concretos de interacción con el estudiante en el salón de clases [13].

Finalmente se encuentra la investigación, como un medio a través del cual se podrán materializar las intenciones de los otros elementos.

La anterior propuesta procura enfatizar en la idea de que los currículos de Ingeniería de Sistemas son altamente sensibles a los cambios, adicionalmente, las empresas al irse adaptando al ambiente tecnológico han empezado a demandar perfiles de ingenieros con conocimientos que se ajusten a estas necesidades.

Los empresarios crean proyectos para invertir en el mejoramiento de sus negocios y éstos se dedican a desarrollar muchas iniciativas de software y hardware diferentes, se hace necesario tener ingenieros de sistemas con capacidades e innovación para desarrollarlas.

Sin embargo, los egresados de las ingenierías no pueden tener todos los conocimientos técnicos requeridos, un plan de estudios no puede contener todos los perfiles profesionales que actualmente el mercado demanda, por lo cual se debe complementar con estudios de posgrado que perfilen mejor al ingeniero de sistemas, dirigiéndolo a temas específicos para un mejor desempeño laboral [23].

En este sentido, se hace necesario realizar un análisis de tendencias que permita brindar elementos para actualizar los currículos de formación profesional que se ofertan en el mercado educativo en el área de Ingeniería de Sistemas para que estos finalmente también se adapten a las necesidades de los empresarios.

Según [24], se presentan una serie de categorías marco de temáticas sobre las cuales se deben orientar los procesos de formación de los ingenieros de sistemas, identificando también una especie de perfiles demandados, entre estos se encuentran los siguientes conocimientos específicos:

Business Process Outsourcing & Offshoring - BPO&O (subcontratación de procesos de negocio), adopción de estándares de calidad como ISO 27000 (seguridad de la información), buenas prácticas relacionadas con la gestión de las tecnologías: ITIL (marco de referencia servicios de tecnología), PMI (gerencia de proyectos), CMMI (modelos de madurez para desarrollo de software), COBIT (objetivos de control para TI), COSO (Control Interno), TOGAF (arquitectura de TI), SOA (arquitectura de TI orientada a servicios), investigación aplicada, gestión tecnológica, seguridad informática, inteligencia de negocios, gestión y aseguramiento de la calidad del software, ingeniería de requisitos, dinámica de sistemas, diseño y gestión de proyectos de integración de TIC, administración de la configuración entre otros.

Entre las competencias genéricas e interpersonales esperadas por los empresarios, el ingeniero debería desarrollar trabajo en equipo, calidades humanas, que le permitan entablar relaciones asertivas con los demás miembros de los equipos de trabajo; cultura ciudadana, aspectos que conlleven a realizar una lectura acertada de su entorno, interpretar su realidad y poder construir soluciones que mejoren su realidad, incrementando los niveles de calidad de vida de la sociedad [24].

Otro de los aspectos que deben tenerse en cuenta en el desarrollo de los currículos de ingeniería de sistemas son los directamente relacionados con la estructura de las Ciencias de la Computación. Entre los aspectos relacionados con esto, se encuentra que para el ingeniero es importante el emprendimiento, creatividad e innovación [24]. Y es que de manera reiterada está declarado que las Ciencias de la Computación requieren ser renovadas a la luz las tendencias tecnológicas, hecho que debe influir directamente en los currículos “por este motivo, la investigación periódica de las tendencias actuales permite redefinir las características que debe tener un profesional en el área” [25].

Se hace inevitable que las universidades deban incorporar mecanismos de preparación y actualización en dichas tendencias, pues es una responsabilidad inherente a las instituciones educativas y el objetivo ético en la formación de sociedades, posiblemente algunas universidades sean más rigurosas que otras, pero aquella que en definitiva no tuviese ninguna lectura de estos cambios tecnológicos no formará profesionales capaces de enfrentar el mercado global.

Entre los referentes de tendencias tecnológicas se encuentra la “Curricula” generada por ACM (Association for Computing Machinery) y la IEEE (Computer Society), este documento, categoriza actualmente la disciplina de la computación en cinco subdisciplinas: Ciencias de la Computación (Computer Science), Ingeniería de la Computación (Computer Engineering), Sistemas de Información (Information System), Ingeniería de tecnología e información (Information Technology) e Ingeniería de Software (Software Engineering). El documento “Curricula” se encarga de definir y enmarcar el alcance y tópicos de los currículos para los ingenieros de sistemas, define su objeto de estudio en una serie de conceptos de las diferentes temáticas comprendidas para la profesión [6].

Otros referentes consultados por las universidades a nivel curricular es el CDIO: Iniciativa internacional para reformar la educación en ingeniería [26], liderada por el Massachusetts Institute of Technology en Cambridge, Estados Unidos.

Este marco, también tiene componentes similares a la Curricula a su propuesta de teoría vs. laboratorios de práctica. Sin embargo, [26] no menciona en particular nada sobre capacidades de innovación, solo se refiere a la recomendación que les da a los profesores de ingeniería sobre los métodos de estudio innovadores.

La reflexión realizada nos lleva a concluir que las capacidades de propuestas por Nussbaum desde lo que se es capaz de ser y hacer, pueden verse desde la perspectiva del ingeniero de sistemas como esa capacidad de tomar las oportunidades de las Ciencias de la Computación y transformarlas en beneficio también de la sociedad; esto da cuenta de la gran responsabilidad que tienen las universidades de incluir en sus currículos algunas propuestas como el enfoque que se presenta (cognitivo + tecnológico + capacidades de innovación + desarrollo social + investigación) y procurar llevar a cabo su desarrollo también mediante mecanismos de investigación.

4 REFERENCIAS

- [1] Poveda Ramos, G. (1993). Historia Social de la Ciencia en Colombia (Vol. IV). Bogotá: Tercer Mundo Editores.
- [2] (REDIS), R. d. (2010). I Encuentro Nacional de Programas de Ingeniería de Sistemas -REDIS. I Encuentro Nacional de Ingeniería de Sistemas: hacia una prospectiva de la profesión en Colombia. Paipa: Cristina Salazar Perdomo.
- [3] Nussbaum, M. (2012). Crear Capacidades. Bogotá: Planeta Colombiana S.A.
- [4] Beekman, G. (1998). Computación & Informática Hoy. Ciudad de México: Addison Wesley Iberoamericana S.A.
- [5] Dahai, L. (2016). Systems Engineering. Cleveland, USA: CRC Press. Recuperado de: <http://techbus.safaribooksonline.com/book/engineering/9781482282467>.
- [6] Association for Computing Machinery (ACM), & IEEE Computer Society. (2016). Curricula 2016 - Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Engineering. New York: Robert Vizzini. doi:10.1145/3025098.

- [7] Gartner. (2017). Gartner Top 10 Strategic Technology Trends for 2018. Recuperado de: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2018/>.
- [8] OCDE. (2017). Estudios Económicos de la OCDE Colombia - mayo 2017 - Visión General. Recuperado de: [www.oecd.org:](http://www.oecd.org/) <http://www.oecd.org/eco/surveys/Colombia-2017-OECD-economic-survey-overview-spanish.pdf>OCDE.
- [9] Unceta, K. (2014). La Universidad como Ámbito para la promoción del desarrollo Humano. Valencia: Universitat Politècnica de València.
- [10] Suarez, M. M., Salinas, M. B. (2014). Uso de las tecnologías de comunicación en la apropiación social del conocimiento como base para el desarrollo de estrategias de gestión en ciencia y tecnología. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información (RITI)*, 2(4), 14–20. http://casesis.net/riti/24/Vol2No4_II.pdf.
- [11] Villa Hincapié, G. (2016). El desarrollo humano integral. Horizonte de formación por capacidades y competencias. La gestión del proyecto institucional universitario. *Revista de Docencia e Investigación*, 6(1), 9-58.
- [12] Boni Aristizábal, A. (2014). Universidad y Educación para el Desarrollo. Valencia: Universitat Politècnica de València.
- [13] Carpio, H. (2013). El Enfoque por Competencias desde la Perspectiva del Desarrollo Humano. Aspectos Básicos y Diseño Curricular. *Av.psicol*, 21(1).
- [14] Muñoz, S. P., Calle, R. C. (2016). Funciones de la Universidad en el siglo XXI: humanística, básica e integral. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación Del Profesorado*, 19(1), 191–199. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.6018/reifop.19.1.20245>
- [15] Díaz Barriga, Á. (2003). Currículum . Tensiones conceptuales y prácticas *The Curriculum*. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 5(2), 1-13.
- [16] Congreso de Colombia. (1994). Ley General de Educación. [Ley 115]. Recuperado de: http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85906_archivo_pdf.pdf.
- [17] García Bravo, W., Martín Sanchez, M. (2013). La cultura en la educación pública colombiana como elemento esencial para el desarrollo: 1990-2013. *Educatio Siglo XXI*, 31(2), 191-210.
- [18] Giraldo, G. L., Urrego Giraldo, G. A. (2010). Construcción de currículos de ingeniería basados en problemas y orientados a la formación integral. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 9(16), 71-89.
- [19] Román Pérez, M., Díez López, E. (1994). *Aprendizaje y Currículum*. Madrid: EOS.
- [20] Gutiérrez Ossa, J. (2013). Ciencia, tecnología e innovación en la relación Universidad-Empresa-Estado (UEE) en Colombia. *Revista Educación y Desarrollo Social.*, 7(1), 7-18.
- [21] Henao García, E., López González, M. (2014). Medición de capacidades en investigación e innovación en instituciones de educación superior: una mirada desde el enfoque de las capacidades dinámicas. *Entramado*, 10(1), 252-271.
- [22] Serrano García, J., Robledo Velásquez, J. (2013). Variables para la medición de las capacidades de innovación tecnológica en instituciones universitarias. *Revista Ciencias Estratégicas*, 22(30), 267-284.
- [23] Guerrero Peña, D., Lemmel Vélez, K. (2013). Aplicación del estándar swebok al diseño curricular de ingeniería de sistemas. *Revista TRILOGÍA*(8), 107-114.
- [24] Herrera Cubides, J., Ramírez Arévalo, H. (2013). Tendencias en la formación en ingeniería de sistemas y afines. *Revista Inventum*, 0(14), 24-34. Recuperado de: <http://biblioteca.uniminuto.edu/ojs/index.php/Inventum/article/view/53>.
- [25] Hernández Pantoja, G., Martínez Navarro, Á. (2009). INGENIERÍA DE SISTEMAS: Retrospectiva y desafíos. *Revista Unimar*, 27(4), 97-106. Recuperado de: <http://www.umariana.edu.co/ojs-editorial/index.php/unimar/article/view/155>.
- [26] Linköping University, Massachusetts Institute of Technology, Chalmers University of Technology, & Royal Institute of Technology. (2003). *CDIO: An international initiative for reforming engineering education*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.