

Curricular Innovation for Basic Engineering Sciences, Competency-Based and Active Learning

Bell Manrique Losada, PhD.¹, Gloria Piedad Gasca Hurtado, PhD.¹, Lillyana María Giraldo Marín, PhD.¹, María Clara Gómez Álvarez, PhD.¹, and Sandra Isabel Arango Vásquez, Msc.¹

¹ Universidad de Medellín, Colombia, bmanrique@udem.edu.co, gpgasca@udem.edu.co, lmgiraldo@udem.edu.co, mcgomez@udem.edu.co, sarango@udem.edu.co

Abstract— Curriculum renewal in higher education is a necessary process for the Universities. For achieving new ways of educative design are required dynamic and innovative processes. Such educative design should respond to the actual society changes. Nowadays, one of the main trends to address the curricula design process is the competences-based design and the active learning-based design, searching to locate the students in the center of the learning process. At the Engineering Faculty of Universidad de Medellín the curricula innovation process for the undergraduate programs is being developed. This process is supported by the innovation in the didactic cycle in terms of methodologies, strategies, and techniques for active learning. The curriculum innovation proposal from the area of Basic Science of Engineering (CBI) is presented in this paper. This area is located between Basic Sciences and Applied Engineering in the curriculum structure of the programs from Engineering Faculty. Our proposal of the curriculum innovation is being developed by using Design- Science research methodology and aligned with fundamentals and principles of the CDIO initiative. In this paper we present the following preliminary results: the CBI training core in based in competences, a set of relevant strategies and techniques for active learning in CBI, and the alignment with the CDIO learning goals.

Keywords— Curriculum Innovation, Basic Sciences in Engineering, Active Learning, CDIO.

Digital Object Identifier (DOI): <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2015.1.1.255>

ISBN: 13 978-0-9822896-8-6

ISSN: 2414-6668

13th LACCEI Annual International Conference: “Engineering Education Facing the Grand Challenges, What Are We Doing?”
July 29-31, 2015, Santo Domingo, Dominican Republic **ISBN:** 13 978-0-9822896-8-6 **ISSN:** 2414-6668
DOI: <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2015.1.1.255>

Innovación curricular para ciencias básicas de ingeniería, basada en competencias y aprendizaje activo *

Bell Manrique-Losada, PhD, Gloria Piedad Gasca-Hurtado, PhD, Lillyana María Giraldo-Marín, PhD, María Clara Gómez-Álvarez, PhD(c), y Sandra Isabel Arango-Vásquez, Msc.
Universidad de Medellín, Colombia, [bmanrique, gpgasca, lmgiraldo, mcgomez, sarango]@udem.edu.co

Abstract— Para la renovación curricular en la educación superior se requieren procesos actuales, dinámicos e innovadores en los que se generen nuevas formas de diseño educativo y se dé respuesta a los cambios de la sociedad de hoy. Una de las tendencias actuales para dirigir los procesos de diseño curricular está basado en las competencias y en el aprendizaje activo, buscando ubicar al estudiante en el centro de su proceso de formación. En la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Medellín se está desarrollando un proceso de innovación curricular para sus programas de pregrado, soportado por la innovación en los procesos didácticos en términos de metodologías, estrategias y técnicas de aprendizaje activo. Este artículo presenta la propuesta de innovación curricular para el área de Ciencias Básicas de Ingeniería (CBI), como área de formación que está ubicada entre el área de Ciencias Básicas y el área de Ingeniería Aplicada en la estructura curricular de los programas de la facultad. Este proceso de innovación se enmarca en la metodología Ciencia Basada en el Diseño y está alineado con la fundamentación y principios de la iniciativa CDIO. Como resultados preliminares se presenta el núcleo de formación en CBI en términos de competencias comunes, las estrategias y técnicas de aprendizaje activo que se han identificado como relevantes para la formación en esta área y su alineación con los objetivos de aprendizaje de CDIO.

Keywords—Innovación curricular, Ciencias Básicas de Ingeniería, Aprendizaje Activo, CDIO.

Abstract— Curriculum renewal in higher education is a necessary process for the Universities. For achieving new ways of educative design are required dynamic and innovative processes. Such educative design should respond to the actual society changes. Nowadays, one of the main trends to address the curricula design process is the competences-based design and the active learning-based design, searching to locate the students in the center of the learning process. At the Engineering Faculty of Universidad de Medellín the curricula innovation process for the undergraduate programs is being developed. This process is supported by the innovation in the didactic cycle in terms of methodologies, strategies, and techniques for active learning. The curriculum innovation proposal from the area of Basic Science of Engineering (CBI) is presented in this paper. This area is located between Basic Sciences and Applied Engineering in the

curriculum structure of the programs from Engineering Faculty. Our proposal of the curriculum innovation is being developed by using Design- Science research methodology and aligned with fundamentals and principles of the CDIO initiative. In this paper we present the following preliminary results: the CBI training core is based in competences, a set of relevant strategies and techniques for active learning in CBI, and the alignment with the CDIO learning goals.

Keywords—Curriculum Innovation, Basic Sciences in Engineering, Active Learning, CDIO.

I. INTRODUCCIÓN

La innovación curricular es un proceso que genera una nueva forma de diseño educativo. Las nuevas ideas, los cambios tecnológicos y la concepción de aprendizaje de las nuevas generaciones, llevan a establecer cambios que obligan a repensar constantemente el currículo.

Las instituciones de educación superior desde sus programas académicos deben realizar periódicamente procesos de renovación curricular como respuesta a dichos cambios. De esta manera, esta renovación estará sujeta a la planificación de actividades de enseñanza-aprendizaje bajo nuevas perspectivas de interacción profesor-estudiante, y a la identificación de las competencias clave que debe desarrollar un estudiante en su proceso de formación. Instituciones como el MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) han recomendado ciertos aspectos que se deben tener en cuenta para los procesos de renovación, como la incorporación de una mayor flexibilidad en el desarrollo de contenidos, experiencias más coherentes y atractivas en los primeros años de formación y escenarios de aprendizaje colaborativo [1].

En la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Medellín (UdeM) se está desarrollando un proceso de innovación curricular en el área de Ciencias Básicas de Ingeniería (CBI), como área de formación que está ubicada entre el área de Ciencias Básicas y el área de Ingeniería Aplicada en la estructura curricular de los programas de pregrado. El proceso curricular debe estar soportado por la innovación de los procesos didácticos, en términos de metodologías, estrategias y técnicas. Estas metodologías facilitan, articulan y dinamizan el proceso de formación de los estudiantes y promueven, a través

*Este trabajo está apoyado parcialmente por el Proyecto Innovacampus de la Corporación Ruta N (Medellín, Colombia), así como por la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad de Medellín.

del uso efectivo de estrategias didácticas, el vínculo entre la formación conceptual y los ejercicios prácticos que se desarrollan en cada programa de formación en ingeniería.

El proceso de innovación se ha enmarcado en la metodología Ciencia Basada en el Diseño [2], por medio de los ciclos de relevancia, rigor y diseño, y alineado con la fundamentación y principios de la iniciativa CDIO. El objetivo de este artículo es presentar una propuesta de innovación curricular para CBI basada en competencias y orientada hacia el aprendizaje activo de los estudiantes. Como resultados preliminares de la propuesta, se presenta: el núcleo común de formación propuesto para el área de CBI de la Facultad de Ingeniería de la UdeM en términos de competencias; la síntesis de estrategias de aprendizaje activo que se han identificado como clave para el desarrollo de las competencias propuestas en el núcleo común; y finalmente, la especificación de los componentes básicos que deben tener los instrumentos para implementar dichas estrategias. Se espera que después de su aplicación en el aula, de su prueba y su posterior validación, se pueda adaptar a cualquier facultad de ingeniería de la región y el país.

El resto del artículo se organiza de la siguiente manera: en la sección II se describen los antecedentes y fundamentación conceptual en términos de competencias y referentes nacionales e internacionales. En la Sección III se detalla el marco metodológico para el desarrollo de la propuesta. En la Sección IV se presenta la propuesta de innovación curricular para el área de Ciencias Básicas de Ingeniería de la Universidad de Medellín y se describe el marco general de las competencias del núcleo común, la alineación de dichas competencias con los principios y objetivos de aprendizaje de CDIO y la especificación de estrategias de aprendizaje activo para competencias comunes de ciencias básicas de ingeniería. Finalmente, en la sección V se describen los aprendizajes logrados.

II. ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL

A continuación se presentan los fundamentos conceptuales bajo los cuales se estructura la propuesta de reestructuración curricular y las definiciones que se han tomado como base para este trabajo.

A. Competencias en Ciencias Básicas de Ingeniería

La formación por competencias busca el acercamiento entre el mundo productivo y el mundo educativo. Pretende disminuir la brecha entre la formación profesional y la inclusión en el mundo laboral. Cuando las instituciones piensan en realizar una innovación curricular se deben planificar actividades académicas asociadas a la enseñanza-aprendizaje bajo nuevas perspectivas de interacción entre el profesor y el estudiante basada en las competencias que se deberá desarrollar en la formación de un ingeniero.

Algunas de las competencias más mencionadas en términos de la ingeniería son: a) pensamiento algorítmico [3],

por su importancia en función de la creatividad humana necesaria para resolver problemas y para el logro del pensamiento computacional. b) pensamiento sistémico por constituir un marco conceptual que permite representar problemas a partir de patrones de análisis del entorno en términos generales [4]. La aplicación del pensamiento sistémico en ámbitos de formación académica establece un marco conceptual que ayuda a realizar el primer acercamiento a los problemas [5], c) educación para toda la vida, debido a que en ingeniería debe primar el proceso de enseñar a los estudiantes a cómo aprender, más que lo que se debe saber, por medio de un proceso continuo e incremental y, d) trabajo en equipo, teniendo en cuenta la visión del ‘Ingeniero del 2020’ [6] donde se define que los ingenieros deben ser capaces de sintetizar información desde un amplio rango de disciplinas, capacidad que se comienza a desarrollar desde la habilidad para trabajar en equipos multidisciplinarios, así como de manera autónoma.

En términos generales existen diversos análisis orientados hacia la definición de las competencias en ingeniería, entre ellos el Proyecto Millenium [7] y el proyecto de rediseño curricular de la Universidad de Yale [8].

A nivel de Colombia, algunas universidades han realizado proyectos para definir las competencias necesarias para un ingeniero de acuerdo a los retos del país. Estos proyectos demuestran que la capacidad de pensar sistemáticamente siempre ocupa un papel preponderante. A su vez, otros análisis [9] definen como operaciones intelectuales fundamentales y de orden superior, los siguientes: el pensamiento sistémico, complejo y divergente; el aprendizaje continuo; la identificación, análisis y solución de problemas complejos; y el desarrollo de innovaciones. Asimismo, el pensamiento sistémico como competencia clave para el ejercicio profesional, que le permita ser capaz de describir un sistema o situación establecida, especificando y describiendo sus propiedades, así como modelos del mismo, simulaciones de su comportamiento y alternativas para su intervención [10].

B. Estrategias didácticas para el aprendizaje activo

Las estrategias didácticas para la formación de ingenieros deben hacer énfasis en lo formativo, en las capacidades específicas de la profesión, en las capacidades generales y en las actitudes de los profesionales. Esto implica, además de la fuerte formación básica en la profesión, preparar al estudiante para aprender a aprender, la enseñanza activa y los conocimientos oportunos, lo cual demanda una gran flexibilidad curricular [11]. Los planes curriculares deben tener la capacidad de adaptarse a las prácticas sociales en la parte tanto del “hacer” como del “saber”. Para todos los empresarios es muy determinante el desarrollo de lo “práctico” y la capacidad de concreción del conocimiento [11].

Sin embargo, con base en lo anterior y para poder responder a las necesidades curriculares, las ciencias básicas constituyen un alto porcentaje de los currículos en ingeniería,

pero también constituyen las asignaturas con alto índice de deserción, asociada a varios factores como el aprendizaje, la enseñanza y los temas de estudio relacionados con la formación de los docentes, la infraestructura cognoscitiva de los estudiantes y los factores externos al aula [12].

Es por ello que se hace necesario acudir a las estrategias didácticas para la enseñanza de las ciencias básicas de ingeniería con base en un enfoque de aprendizaje activo que permitan el aprendizaje autónomo del estudiante. A continuación se presenta algunas estrategias didácticas relevantes para este trabajo:

- 1) Aprendizaje Basado en Problemas (ABP): parte de un problema o situación que permite que el estudiante identifique necesidades para comprenderlo.
- 2) Estudio de casos: favorece el aprendizaje por descubrimiento, motivando al estudiante a hacer preguntas y a formular sus propias respuestas así como a deducir principios de ejemplos prácticos o experiencias, especialmente si se trata de casos problema [13].
- 3) Aprendizaje cooperativo (AC): los estudiantes interactúan en grupos reducidos desarrollando una actividad de aprendizaje. Con esta estrategia se manejan aspectos como la complementariedad, la confianza, la comunicación, la coordinación y el compromiso entre los integrantes del grupo. Se buscan establecer metas y objetivos comunes, procurando un beneficio para cada estudiante y para el equipo de trabajo.
- 4) Aprendizaje colaborativo: bajo un enfoque de objetivos comunes, exploraciones compartidas y elaboración conjunta de sentidos, ayuda a los estudiantes a generar niveles de conocimiento profundo. Promueven la iniciativa, la creatividad, el pensamiento crítico, el diálogo, y la construcción personal/social de conocimiento [14].
- 5) Simulación: se basa en la reflexión sobre una experiencia vivida por cada estudiante. Este aprendizaje activo puede producirse a través de esa reflexión sobre un hecho pasado o gracias a la tarea realizada tras un trabajo planeado con anterioridad [13].

Con el fin de complementar los antecedentes de la educación por competencias y el aprendizaje activo, a continuación se describen algunos referentes nacionales, institucionales e internacionales que son clave para la fundamentación de la propuesta que aquí se presenta.

C. Referentes Nacionales

Las universidades de Colombia y entes como la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI) han venido proponiendo un marco general de competencias básicas de ingeniería a partir de referentes internacionales, con el propósito de definir una clasificación propia y acorde a las

necesidades del país. Dichos referentes se convierten en guías que soportan la definición de competencias comunes para cada facultad de ingeniería del país.

ACOFI también presenta como objeto de estudio de las ingenieras “la resolución de problemas y el aporte a la generación desconocimiento en contextos y situaciones disciplinares que requieran de la concepción, el diseño, la implementación, y la operación de artefactos, sistemas, procesos y ambientes de trabajo, con base en los conocimientos de la ciencia, las matemáticas, la tecnología y la ingeniería, y la capacidad innovadora e inventiva del profesional; considerando las condiciones ambientales, económicas, sociales, culturales, financieras, éticas del entorno y de seguridad, con el fin de promover la productividad y la competitividad de las organizaciones y la mejora en la calidad de vida de la sociedad” [15].

Otro referente importante para Colombia es el estándar 1.5 de competencias profesionales para la elaboración del marco de fundamentación conceptual y especificaciones del Examen de Calidad para la Educación Superior (ECAES) en Ingeniería 2005-2006. Estas especificaciones presentan las premisas definidas para el rediseño de los ECAES bajo el enfoque de competencias, junto con el marco conceptual para las competencias en Ingeniería en el país.

Teniendo en cuenta que el Ciclo de Ciencias Básicas de Ingeniería está ubicado entre los Ciclos de Ciencias Básicas e Ingeniería Aplicada en la estructura curricular de los pregrados, los instrumentos que se diseñen tendrán que articular y dinamizar el proceso de formación de los estudiantes, así como promover, a través del uso efectivo de estrategias didácticas, el vínculo entre la formación conceptual y los ejercicios prácticos.

La integración de competencias (teóricas y prácticas) requiere analizar diferentes escenarios de acción, entre esos, el proceso de formación en las instituciones, el área de desempeño que se observa en el entorno laboral y las características desarrolladas por el individuo a lo largo de su vida profesional [16].

En la Universidad de Medellín la formación por competencias sigue los postulados de la renovación curricular fijados en el Acuerdo 08 de 2003, con la finalidad de armonizar los currículos con lineamientos internacionales establecidos, como el proyecto Tunning [16], el Comunicado de Praga de 2001 [17] y el Comunicado de Berlín en 2003 [18].

D. Referentes Internacionales

Los referentes internacionales tomados en cuenta para el diseño de esta propuesta curricular para CBI, se pueden resumir en: ABET 2005-2006 [19], el reporte de la *National Academy of Engineering of the Nationals Academies* [6] y las directrices del Proyecto TUNING4 [16]. Estos referentes internacionales mencionados constituyen la base de referentes que se han tenido en cuenta para este trabajo.

Han sido definidos criterios para acreditar programas de ingeniería [15], donde se presenta el criterio general que deben cumplir los programas de pregrado y de maestría para ser acreditados, así como los criterios específicos para 27 denominaciones de programas de Ingeniería. En este sentido, también existen competencias definidas para la formación en ingeniería en modelos como el de ABET de la Engineering Accreditation Commission, la cual indica la información a tener en cuenta en los procesos de auto-evaluación y acreditación [15].

En el marco del Proyecto de reestructuración de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Medellín se realiza una comparación los objetivos del área de ciencias básicas de ingeniería en Colombia, con los objetivos definidos en los referentes de formación internacionales mencionados en Colombia [20] y otros como los estudios realizados por la Asociación Iberoamericana de Instituciones de enseñanza de la Ingeniería [21], [22], y el análisis adicional presentado en el proyecto de Revisión y Consolidación de Fundamentación Conceptual y Especificaciones de Prueba Correspondiente a los ECAES de Ingeniería [15].

Bajo los referentes mencionados y la fundamentación conceptual presentada, esta propuesta se desarrolla bajo un esquema metodológico que se describe en el siguiente apartado.

III. MARCO METODOLÓGICO

En el marco de la iniciativa de renovación curricular de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Medellín, se propone el Proyecto Innovación curricular para Ciencias Básicas de Ingeniería, basada en Estrategias de Aprendizaje Activo (EAA). De esta manera, se pretende transformar el conjunto de asignaturas que buscan desarrollar las competencias de Ciencias Básicas de Ingeniería, las cuales conforman un núcleo común de formación en todos los programas de la facultad.

El proyecto de innovación curricular implica definiciones en el Macro, Meso y Micro-curriculum. El macro-curriculum está integrado al Proyecto Educativo de la Universidad (PEI) que guía el Proyecto Educativo de la Facultad (PEF) y a su vez el Proyecto Educativo de cada programa (PEP). A partir de este se estipula el Mesocurriculum, constituido por los problemas y propósitos de formación, las unidades de organización curricular y el Plan de Formación de cada programa. A su vez, este último está constituido por asignaturas, para las que se diseña un Micro-curriculum desde el punto de vista metodológico y didáctico. Así, el eje del proyecto está en el enfoque, modelo y rediseño curricular del Mesocurriculum que se construye a partir del conjunto de asignaturas que buscan desarrollar las competencias de Ciencias Básicas de Ingeniería (CBI).

La metodología de investigación seleccionada para abordar esta propuesta es la de Ciencia Basada en el Diseño,

por su sigla en inglés *Design Science In Information Systems Research* [23], que tiene como objetivo contribuir a la solución de problemas relevantes, al mismo tiempo que se hacen aportes significativos a un área del conocimiento mediante el análisis de problemas del mundo real de una manera novedosa. Asimismo, los elementos estructurales internos de esta metodología se complementan con la metodología CDIO (de la abreviatura en inglés para *Conceive, Design, Implement, and Operate*), como marco educativo innovador donde el programa de estudios crea las bases de la planificación curricular y los resultados se basan en evaluaciones que se puedan adaptar a todas las facultades de ingeniería.

En términos generales, se definen las etapas de Relevancia, Rigor y Diseño, involucrando el desarrollo de un proceso iterativo de constante retroalimentación y mejoramiento [23], con las siguientes actividades generales:

La Fase de Relevancia involucra: i) Levantamiento de información relacionada con fundamentación pedagógica institucional y marco de trabajo externo (métodos, técnicas, herramientas y EAA en educación superior); ii) Identificación de necesidades de los actores involucrados.

La Fase de Rigor está orientada hacia la adopción de los principios y objetivos de aprendizaje según CDIO, el análisis de las estrategias de aprendizaje activo (EAA) que podrían ser utilizadas en los planes de formación del área de CBI y el alineamiento de los objetivos con las EAA para el logro de las competencias identificadas.

Finalmente, la etapa de diseño busca definir la propuesta de innovación curricular, a partir del diseño del plan de formación para las asignaturas de CBI de los programas de la facultad, el diseño de las asignaturas (que establezcan una relación de coherencia entre las competencias generales y las específicas), los objetivos de aprendizaje, las EAA, las actividades de aprendizaje, los criterios de evaluación, los resultados esperados y la evaluación de la propuesta.

Con el marco metodológico definido en este apartado, se propone la innovación curricular para el área de CBI de la Universidad de Medellín, como se explica en el siguiente apartado de la propuesta de innovación curricular.

IV. PROPUESTA DE INNOVACIÓN CURRICULAR

Los programas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Medellín son estructurados por medio de componentes de formación, como se representa en la Fig. 1.

Uno de estos componentes es el de CBI, marco de trabajo de la presente propuesta. Este componente está conformado por: a) el sub-componente del 'Núcleo común en CBI' que comprende el conjunto de competencias comunes a todos los programas de ingeniería que deberá ser implementado de la misma manera en cada plan de formación; y b) el sub-componente de Unidades de Organización Curricular (UOC) electivo de CBI, que contendrá las competencias y cursos electivos que cada programa de Ingeniería debe diseñar de manera particular.

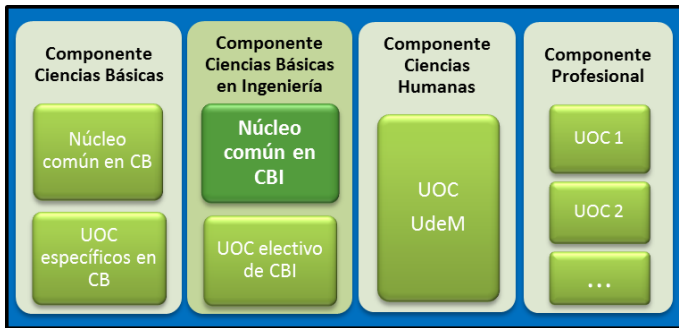


Fig. 1 Componentes de formación en programas Ingeniería.

De esta manera, el *núcleo común* comprende el conjunto de competencias que se han identificado como comunes para la formación de cualquier ingeniero en el área de ciencias básicas de ingeniería, el cual se presenta en la sección A. Este núcleo común es alineado con los *principios y objetivos de aprendizaje de CDIO*, como se presenta en la sección B.

Finalmente, se especifican los aspectos didácticos para su materialización en el aula, en términos de las *EAA* que facilitan el logro de dichas competencias y algunos *talleres preliminares* de referencia para su implementación, como se presenta en la sección C.

A. Propuesta de núcleo común de competencias en CBI.

El diseño de procesos de formación en ingeniería a nivel pregrado requiere integrar la orientación por competencias basado en el análisis de diferentes escenarios, tales como: los procesos de formación en las instituciones, el área de desempeño en el entorno laboral y las características desarrolladas por el individuo a lo largo de su vida profesional. Por esta razón, la propuesta de *núcleo común*, tuvo como insumos internos preliminares:

- 1) La aplicación de encuestas para identificar el nivel de conocimiento de los docentes de la facultad sobre las asignaturas y competencias en CBI.
- 2) El análisis de los contenidos curriculares de las asignaturas de CBI de los diferentes programas de la facultad, para identificar las competencias a desarrollar y el porcentaje de las asignaturas que se orientan con estrategias tradicionales y EAA.

A nivel externo, se tomaron como referencia los siguientes estándares internacionales de competencias para la formación de estudiantes de ingeniería: ABET [19], CDIO [24], NAE 2020 [6], TUNING-AL [16].



Fig. 2 Núcleo común en ciencias básicas de ingeniería.

B. Alineación de competencias en CBI con CDIO.

La formación en ingeniería requiere apoyarse en principios y metodologías didácticas que faciliten el desarrollo de competencias específicas para ingeniar soluciones de problemas del mundo real. Para lograr esto, es necesario diseñar instrumentos articuladores que permitan dinamizar el proceso de formación de los estudiantes, a través del uso efectivo de estrategias didácticas que permitan vincular la formación conceptual con el ejercicio práctico. Es necesario destacar que el uso efectivo de EAA puede facilitar la transición del estudiante desde la formación conceptual hacia el ejercicio práctico, propósito primordial de los programas de ingeniería.

A continuación se presenta la estructura de alineación de los objetivos de aprendizaje de CDIO, con las competencias definidas para el *núcleo común* (Tabla I). Esta alineación se define de acuerdo a la versión 2.0 del syllabus CDIO condensado [24].

TABLA I
ALINEACIÓN CDIO PARA COMPETENCIAS CBI

Núcleo común CBI		CDIO	
		Área del Syllabus	Objetivo de Aprendizaje
COMPETENCIA	C1	4. Concebir, diseñar, implementar y operar sistemas en el contexto de la empresa, de la sociedad y del medio ambiente	4. Contexto externo, social y ambiental
		1. Conocimiento y Razonamiento Disciplinario	1.2. Conocimientos básicos de los fundamentos de la inge
	C2	2. Habilidades y atributos personales y profesionales	nería 2.1. Razonamiento analítico y resolución de problemas 2.2. Experimentación, investigación y descubrimiento del conocimiento
		4. Concebir, diseñar,	

	implementar y operar sistemas en el contexto de la empresa, de la sociedad y del medio ambiente	2.3. Pensamiento sistémico 4.1 Contexto externo, social y ambiental 4.2. Contexto de la empresa y de negocios 4.3. Concebir, ingeniería y gestión de sistemas
C3	2. Habilidades y atributos personales y profesionales	2.1. Razonamiento analítico y resolución de problemas 2.3. Pensamiento sistémico
C4	1. Conocimiento y Razonamiento Disciplinario 2. Habilidades y atributos personales y profesionales 3. Habilidades interpersonales: trabajo en equipo y comunicación	1.2. Conocimientos básicos de los fundamentos de la ingeniería 1.3. Conocimientos avanzados de los fundamentos, métodos y herramientas de la ingeniería 2.1. Razonamiento analítico y resolución de problemas 2.3. Pensamiento sistémico 3.1. Trabajo en equipo
C5	4. Concebir, diseñar, implementar y operar sistemas en el contexto de la empresa, de la sociedad y del medio ambiente	4.1 Contexto externo, social y ambiental 4.2. Contexto de la empresa y de negocios
C6	2. Habilidades y atributos personales y profesionales 3. Habilidades interpersonales: trabajo en equipo y comunicación	2.2. Experimentación, investigación y descubrimiento del conocimiento 2.3. Pensamiento sistémico 3.1. Trabajo en equipo
C7	3. Habilidades interpersonales: trabajo en equipo y comunicación	3.1. Trabajo en equipo
C8	2. Habilidades y atributos personales y profesionales	2.1. Razonamiento analítico y resolución de problemas 2.4. Actitudes, pensamiento y aprendizaje
C9	2. Habilidades y atributos personales y profesionales	2.3. Pensamiento Sistémico 2.4. Actitudes, Pensamiento y Aprendizaje

En términos generales, la propuesta de núcleo común para CBI está orientada hacia 11 de los 12 principios que rigen CDIO, en función de: el contexto, los resultados de aprendizaje, el currículum integrado, introducción a la ingeniería (solo desde los primeros niveles de formación), los espacios de trabajo en ingeniería, las experiencias de aprendizaje integrado, el aprendizaje activo, la mejora de las competencias de la facultad y de enseñanza, la evaluación del aprendizaje, y la evaluación del programa.

Finalmente, el objetivo propuesto para el área de formación en CBI para la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Medellín, es la ‘aplicación creativa del conocimiento de las Matemáticas y las Ciencias Naturales que le permiten la construcción de una base conceptual para la

solución de problemas de Ingeniería y la conexión con el área de ingeniería aplicada’.

C. Especificación de EAA para competencias comunes de CBI

Teniendo como base la propuesta de núcleo común de competencias para el área de CBI, se realizó un análisis, identificación y caracterización de EAA más utilizadas para la adquisición de un conocimiento y el desarrollo de habilidades y valores requeridos.

En la Tabla II se resumen las características más importantes de las EAA priorizadas, en función de las técnicas que permiten su aplicación en los espacios de aprendizaje y el desarrollo de las habilidades.

Luego de realizar la alineación de las competencias asociadas a cada EAA, se realiza una identificación y análisis de las técnicas que permiten el uso de cada una en los espacios de aprendizaje. La identificación de dichas técnicas incluye la definición de las actividades de aprendizaje necesarias para su implementación, para lo cual fue necesario identificar las actividades genéricas que permiten el desarrollo de cada estrategia.

Una vez definida la propuesta de competencias en CBI y analizadas las EAA más utilizadas para la formación en esta área, se procede a diseñar un conjunto de talleres que incorporar estas estrategias con el propósito de: a) constituir un banco de talleres para implementar pilotos en diferentes asignaturas de ciencias básicas de ingeniería y b) generar un insumo inicial para incorporar estrategias de aprendizaje activo dirigido a los docentes de dichas asignaturas.

TABLA II
CARACTERIZACIÓN DE EAA PARA CBI

I. Aprendizaje Colaborativo		
Técnica	Competencia	Habilidad
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aprendizaje por equipos ▪ Aprendiendo Juntos ▪ Grupos de investigación ▪ Rompecabezas 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar trabajo en equipo y de forma autónoma, teniendo en cuenta las actitudes apropiadas de cada miembro del equipo 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comunicación efectiva ▪ Identificación de relaciones entre conceptos ▪ Análisis y síntesis de información ▪ Identificación de problemas y sus causas
II. Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)		
Técnica	Competencia	Habilidad
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Método heurístico ▪ Modelo Hong Kong ▪ Modelo 4x4 	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajo en equipo y autogestión • Auto-regulación del aprendizaje • Gestionar proyectos • Identificar y formular problemas de ingeniería • Pensamiento sistémico 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Relacionamiento interpersonal ▪ Manejo del lenguaje verbal y corporal ▪ Profundización de conocimiento a partir de preguntas ▪ Comunicación efectiva ▪ Evaluación crítica y adquisición de nuevos conocimientos ▪ Capacidad de análisis de situaciones complejas

III. Método de Caso (MC)		
Técnica	Competencia	Habilidad
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Casos-problema o casos-decisión. ▪ Casos-evaluación. ▪ Casos-ilustración. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar trabajo en equipo y autogestión • Modelar contextos según las necesidades deseadas, dentro de restricciones. • Identificar y formular problemas en ingeniería. • Desarrollar y usar el pensamiento sistémico • Identificar, seleccionar, analizar y usar acertadamente la información. 	<ul style="list-style-type: none"> • evaluar situaciones reales y aplicar conceptos Manejo del lenguaje verbal y corporal • Desarrollo de su actividad desde la práctica • Asimilación de ideas y conceptos analizando situaciones reales • Trabajo en grupo e interacción con otros estudiantes
IV. Simulación		
Técnica	Competencia	Habilidad
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Construcción de Modelos Mentales ▪ Ensayo de Reglas / Inferencia 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diseñar sistemas, componentes o procesos que cumplan con especificaciones deseadas ▪ Modelar contextos según las necesidades deseadas, dentro de restricciones ▪ Planear, diseñar, evaluar y gestionar proyectos de solución a problemas de ingeniería ▪ Desarrollar razonamiento estructurado para analizar y resolver problemas básicos, utilizando la reflexión lógica y el pensamiento algorítmico 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Uso de ensayo y error ▪ Inducción ▪ Percepción y comprensión ▪ Suficiencia analítica ▪ Resolución práctica de problemas ▪ Pensamiento crítico ▪ Pensamiento lógico ▪ Planificación de actividades ▪ Toma de decisiones ▪ Liderazgo equipo y desarrollo colectivo/individual

- actividades que componen el taller y orientaciones generales para el docente.
- 4) Definición de criterios de evaluación de competencias: una vez diseñado el taller se realiza una búsqueda de posibles alternativas de evaluación de la competencia a desarrollar. En el caso de la estrategia Aprendizaje Colaborativo, la principal competencia a desarrollar es el trabajo en equipo. Esta competencia puede ser evaluada a través de encuestas a diligenciar por los estudiantes donde se pregunte por su desempeño (autoevaluación) y el de sus compañeros (observación de 360°) o a través de la definición de rúbricas por parte del docente frente al trabajo individual o colectivo del estudiante.

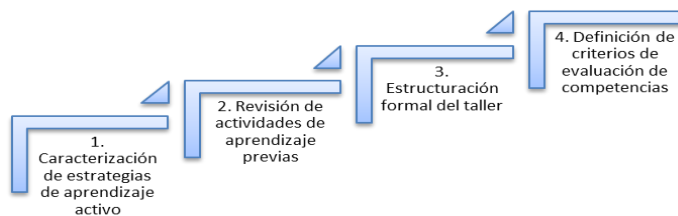


Fig. 2. Procedimiento para el diseño de talleres

En la Tabla III se presentan los componentes fundamentales de la plantilla de especificación del taller, mencionada en el paso 3 del procedimiento de diseño de talleres. Esta plantilla ha sido adaptada de los talleres instruccionales de CDIO para aprendizaje basado en proyectos [25].

El procedimiento a seguir para el diseño de los talleres se resume en la Fig. 2:

- 1) Caracterización de estrategias de aprendizaje activo: consiste en la identificación de técnicas y actividades que componen las estrategias de aprendizaje activo seleccionadas.
- 2) Revisión de actividades de aprendizaje previas: a partir de la(s) estrategia(s) de aprendizaje seleccionada se realiza un análisis de las actividades incorporadas actualmente en los cursos a cargo de los investigadores para tomarlas como punto de partida para la elaboración del taller. Ej: Casos de empresas reales sobre implementación de sistemas de información para la método de casos o generación de aprendizaje colaborativo a partir del análisis de proyectos críticos de ingeniería de software, por mencionar algunos.
- 3) Estructuración formal del taller: consiste en la formulación detallada del taller, haciendo énfasis en aspectos como: objetivos de aprendizaje a lograr con las actividades propuestas en el taller, organización y gestión de los equipos de trabajo, información inicial a entregar al estudiante, descripción detallada de las

TABLA III
PLANTILLA PARA FORMULACIÓN DE TALLERES PILOTO

Núcleo común CBI – Facultad de Ingeniería UdeM Taller de Aprendizaje Activo	
I. Actividad de Aprendizaje	
Descripción general	
EAA asociada	
II. Objetivos de Aprendizaje	
Competencias	
Habilidades CDIO	
Habilidades generales/ transversales	
III. Organización del equipo	
Tamaño del equipo	
Organización y gestión del equipo	
Número de equipos	
IV. Recursos	
Presupuesto	
Materiales	
Personal	
Espacios	
Software	
V. Información para Estudiantes	
Contexto/Antecedentes	
Descripción de la situación problemática	
Actividades a realizar	
VI. Información para Profesores	
Audiencia (Estudiantes objetivo)	

Objetivos de Aprendizaje	
Elementos contextuales	
Actividades de aprendizaje	
Preguntas de reflexión y discusión	
Estructuración de los grupos	
Alternativas para el ejercicio	
Evaluación del desempeño de los estudiantes	
Lecturas y recursos complementarios	
Bibliografía de referencia	

Se diseñaron dos talleres preliminares siguiendo el procedimiento definido:

- 1) Análisis de un caso real de sistemas de información donde se conjugan las estrategias método de casos y simulación, a través del planteamiento de la situación problemática de una empresa y su análisis y modelamiento. Este taller utiliza diagramas de relaciones causales que pueden ser modelados con herramientas de software de simulación para el análisis de sensibilidad de variables relevantes del problema.
- 2) Base de catástrofes de software, basado en aprendizaje colaborativo. En este taller los estudiantes se organizan en equipos y seleccionan un proyecto crítico para ingeniería de software y analizan la problemática asociada, consecuencias y buenas prácticas faltantes a través de diferentes opciones de representación. Se les propone la representación de:
 - a) la situación o problemática por medio de un jeroglífico (frase donde se combinan números, letras y/o gráficos)
 - b) las consecuencias por medio de una caricatura que ellos mismos estudiantes deben dibujar en un pliego de papel.

V. CONCLUSIONES

El desarrollo de esta propuesta de innovación curricular para CBI se propone al identificarse la necesidad que tienen las instituciones de educación superior cuando realizan procesos de renovación curricular.

Hoy en día la renovación curricular es un proceso que exige la implementación de estrategias que conlleven a nuevos diseños educativos innovadores.

En este trabajo se realiza un estudio que permite establecer algunos antecedentes como base para realizar esta propuesta, así como la definición de un marco conceptual base. En este sentido se logran identificar estrategias didácticas de aprendizaje activo, que se incorporan como parte de los objetivos principales de la propuesta de innovación curricular.

Dicha propuesta está conformada por el marco de trabajo CBI el cual se define en términos de: a) el sub-componente del ‘Núcleo común en CBI’ y b) el sub-componente de Unidades de Organización Curricular (UOC) electivo de CBI aprendizajes logrados (Ver Figura 1).

Dentro de los principales logros de cumplimiento de los objetivos de este proyecto, se encuentran los aprendizajes logrados. Algunos de los cuales mencionamos a continuación.

- 1) Importancia de la alineación de competencias, estrategias de aprendizaje activo y objetivos de aprendizaje de CDIO en el diseño de currículos de programas de ingeniería.
- 2) Necesidad por mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje integrando la orientación por competencias basado en el análisis de diferentes escenarios, tales como: los procesos de formación en las instituciones, el área de desempeño en el entorno laboral y las características desarrolladas por el individuo a lo largo de su vida profesional.
- 3) Interés por la formación por competencias puesto que busca el acercamiento entre el mundo productivo y el mundo educativo. Introduciendo la formación por competencias se puede disminuir la brecha entre la formación profesional y la inclusión en el mundo laboral de los estudiantes de ingeniería.
- 4) La participación de diferentes actores del proceso de enseñanza aprendizaje, tales como: empresarios, estudiantes, egresados y profesores, en los procesos de transformación curricular como factor crítico de éxito de dichos procesos.
- 5) El diseño de instrumentos articuladores (Ejm: talleres piloto) como apoyo al docente en la dinamización del proceso de formación de los estudiantes logra mejorar la transición de la práctica docente equilibrando las estrategias tradicionales con las estrategias activas de aprendizaje.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es financiado por la Universidad de Medellín y la Corporación Ruta N por medio del proyecto “*Innovación Curricular de Ciencias Básicas de Ingeniería para la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Medellín*” a través de la convocatoria Innovacampus 2014.

REFERENCIAS

- [1] Massachusetts Institute of Technology, "Report of the task force on the Undergraduate Educational Commons," Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 2006.
- [2] A. R. Hevner, "A Three Cycle View of Design Science Research," *Scandinavian Journal of Information Systems*, vol. 19, pp. 87-92, 2007.
- [3] M. Chris Dede, Yadav y Joke Voogt (2013, 19 de abril). Working Group 6: Advancing computational thinking in 21st century learning.
- [4] F. M. L. Liévano, Jesús E. , "El pensamiento sistémico como herramienta metodológica para la resolución de problemas," *Revista Soluciones de Postgrado EIA*, pp. 43-65, 2012.
- [5] P. Senge, *La quinta disciplina. El arte y la práctica de la organización abierta al aprendizaje*. Garnica, 2012.
- [6] National Academy of Engineering of the Nationals Academies, "The Engineer of 2020 visions of engineering in the new century," Washington, DC., 2004.

- [7] J. J. Duderstadt, "Engineering for a Changing World: A Roadmap to the Future of Engineering Practice," The University of Michigan 2008.
- [8] Yale University, "Report on Yale College Education," 2003.
- [9] H. Tapias, "Un Ingeniero para el futuro de Colombia," Revista Colombia, Ciencia y Tecnología, vol. 17, 1999.
- [10] F. Reyes R., "Capacidad de Pensar Sistemáticamente: Competencia para el Ejercicio Profesional," Revista Ingenio Libre vol. 12, 2006.
- [11] Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior & Corporación Calidad, Hacia un marco de desarrollo de la universidad estatal: visión y acción desde la pertinencia. Estudio de base: Universidad y Sector Productivo. Eje: Estrategias nacionales y regionales de innovación. Bogotá, 1998.
- [12] R. Mendez Mena, "Las Ciencias Básicas y el Aprendizaje en Ingeniería," in 4º Foro Nacional de Ciencias Básicas, México, 2010.
- [13] M. J. A. Labrador, Mª Ángeles - Editoras., Metodologías activas, 2008.
- [14] D. Jonassen, Peck, K. & Wilson, B, Learning with technology: A constructivist perspective. Merrill, 1999.
- [15] A. Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, "Revisión y consolidación de la fundamentación conceptual y especificaciones de prueba correspondientes al Examen de Calidad de la Educación Superior para Ingeniería," Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, ACOFI, Bogotá, 2010.
- [16] Universidad de Deusto & Universidad de Groningen, "Informe Final Proyecto Tuning América Latina. 2004-2007," Universidad de Deusto, Universidad de Groningen 2007.
- [17] Communiqué of the meeting of European Ministers in charge of Higher Education "Towards the European Higher Education Area," ed. Prague: http://www.ond.vlaanderen.be/hogeronderwijs/bologna/documents/mdc/prague_communique.pdf, 2001.
- [18] Communiqué of the Conference of Ministers responsible for Higher Education, "Realising the European Higher Education Area," ed. Berlin: http://www.ehea.info/Uploads/about/Berlin_Communique1.pdf, 2003.
- [19] ABET, "ABET Annual Report," September 30, 2013.
- [20] A. L. Arenas. (19 de Abril). Competencias en Ingeniería.
- [21] J. s. F. Contreras, Gabriela, Editores, Aspectos básicos para el diseño curricular en ingeniería: caso iberoamericano, 2007.
- [22] H. C. Albina, Directrices curriculares para carreras de ingeniería en Iberoamérica, 2005.
- [23] S. C. A. Hevner, " Design Research in Information Systems, Integrated Series," Integrated Series in Information Systems, , vol. 22, p. 320, 2010.
- [24] CDIO Initiative. (2011, 19 de Abril). Condensed CDIO Syllabus v2.0. Available: <http://www.cdio.cl/documentos/syllabus-cdio-2.0>
- [25] D. Hunt, "Template for Skyscraper: Project based learning," CDIO in Aerospace Engineering Education with funding through NASA's E.2 Innovation in Aeronautics Instruction, Ed.