



Encuentro Internacional de  
Educación en Ingeniería ACOE 2014

Nuevos escenarios  
en la enseñanza de la ingeniería

Cartagena de Indias, 7 al 10 de octubre de 2014  
Centro de Convenciones Cartagena de Indias

## PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DE CDIO

Gonzalo Ulloa, Norha M. Villegas, Sandra Céspedes, Juliana Jaramillo, María P. Ayala

Universidad Icesi  
Cali, Colombia

### Resumen

En este artículo se presenta la experiencia propia del proceso de implementación de reforma curricular y de mejoramiento de la calidad, basada en las recomendaciones de CDIO para los programas de Ingeniería Telemática y Sistemas de la Universidad Icesi, en Colombia.

CDIO se fundamenta en las experiencias de universidades de élite a nivel mundial, que han establecido un conjunto de buenas prácticas curriculares y docentes que han alimentado los procesos internacionales de certificación. Ahora estas instituciones están en el proceso de la innovación curricular y de la formación integral. Las mejores prácticas, están dentro de la genética de los procesos universitarios de élite y pueden ser vistos como procesos corrientes que ya se han implementado. Para universidades de países en desarrollo, donde los procesos de mejoramiento e innovación curricular aún son incipientes, salen a la luz nuevos retos a los que hacer frente, por esta razón hemos considerado importante documentar nuestra experiencia en éste proceso, que sin duda será de ayuda y facilitará la tarea de otras universidades que se encuentren iniciando un proceso similar. Adicionalmente las experiencias que se han encontrado en la literatura, corresponden a instituciones con alta experiencia en el tema o provenientes de contextos muy diferentes a los que nosotros abordamos.

**Palabras clave:** currículo integrado; implementación CDIO; assessment; reforma curricular; educación en ingeniería

### Abstract

The implementation of integrated curricula following the CDIO recommendations may result in natural and straightforward processes for mature universities. Nevertheless, a CDIO-based curricular reform can result in an overwhelming and error-prone process when universities lack experience in the consolidation of curricula that naturally integrate disciplinary learning outcomes with engineering skills. In this paper we propose a general and replicable approach to the implementation and continual improvement of integrated curricula based on CDIO; and report on our experience and lessons learned during the redefinition of the curricula of the Telematics Engineering and Computing Systems Engineering programs at Universidad Icesi, in Colombia.

**Keywords:** integrated curricula; CDIO implementation; curricular reforms; assessment; engineering education

## 1. Introducción

Las recomendaciones CDIO para implementar o reformar los currículos se han recopilado de años de experiencia y práctica en las facultades de mayor renombre en la enseñanza de ingeniería del mundo. La implementación de CDIO en tales universidades puede resultar en un proceso innato y directo.

En el caso particular de América Latina, la situación es diferente por la carencia de recursos y experiencias en consolidar las mejores prácticas de enseñanza de ingeniería, a pesar de su calidad y compromiso por la mejora y la innovación en los planes de estudio de sus carreras.

A pesar de los notables esfuerzos de la Iniciativa de la comunidad CDIO en la documentación de la metodología y mejores prácticas, se carece todavía de una guía detallada para los procesos de implementación que ayuden a las instituciones a responderse las preguntas frecuentes que surgen en las diferentes etapas del proceso. Es decir, no hay descripciones concretas de lo que se pueda replicar o tomar en cuenta para su ejecución, así como tampoco los retos con los cuales se puede enfrentar la facultad o institución al implementar el proceso de reforma. Específicamente se ha encontrado que no se describe el proceso o puntos de partida en torno a aspectos como: (i) la información que se va recolectando y el flujo de ésta (ii) las herramientas o instrumentos para facilitar el proceso (iii) los actores involucrados y sus responsabilidades. Esta falta de información fue llenada parcialmente por los autores del libro de referencia de CDIO en su segunda edición (Crowley, et al., 2014) donde incluyeron en el capítulo 8 una propuesta de implementación de CDIO, siendo está aún muy general.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad Icesi, Colombia, ha estado trabajando durante dos años en una reforma curricular basada en la metodología de CDIO para dos de nuestros programas de pregrado: Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Telemática. En este trabajo presentamos nuestra experiencia durante la redefinición de nuestros planes de estudio y la adaptación de la Iniciativa CDIO para universidades de América Latina. Pretendemos describir el proceso que se ha seguido incluyendo factores clave de éxito, actividades, roles, interacciones entre todos los agentes, así como las herramientas y formas de apoyo (Ulloa, et al., 2013).

## 2. Panorama de la propuesta

Aquí presentamos una aproximación más detallada del proceso de implementación, el cual se ha dividido en cinco fases principales. (cf. etiquetas 1-5 in Fig. 1). En una primera fase macro-curricular, describe cómo se abordó el proceso de definición de las competencias profesionales en relación a los objetivos de aprendizaje propuestos por CDIO.

En una segunda fase, se identificó la necesidad de traducir la matriz de cruce de competencias y cursos a nivel meso-curricular para que los docentes identificaran qué competencias debían desarrollar en sus cursos concretamente, así como conocer su nivel de logro.

Posteriormente, una tercera fase correspondiente a un nivel micro-curricular, se enfoca en el diseño del programa y las estrategias de “assessment” que desarrollarán los docentes en sus cursos para la valoración de las competencias, lo que empieza a configurar un cambio más evidente a nivel de la práctica educativa.

Las últimas dos fases, responden a la necesidad de hacer una evaluación constante que permita recolectar los desempeños de los estudiantes a lo largo del tiempo, describir cómo evolucionan los cursos ofrecidos y favorecer la reflexión del docente sobre su práctica (ver actores claves en Figura 1). Cada fase del proceso es acompañado todo el tiempo por la Dirección de Mejoramiento Continuo y Acreditación Internacional de la Facultad (AoL).

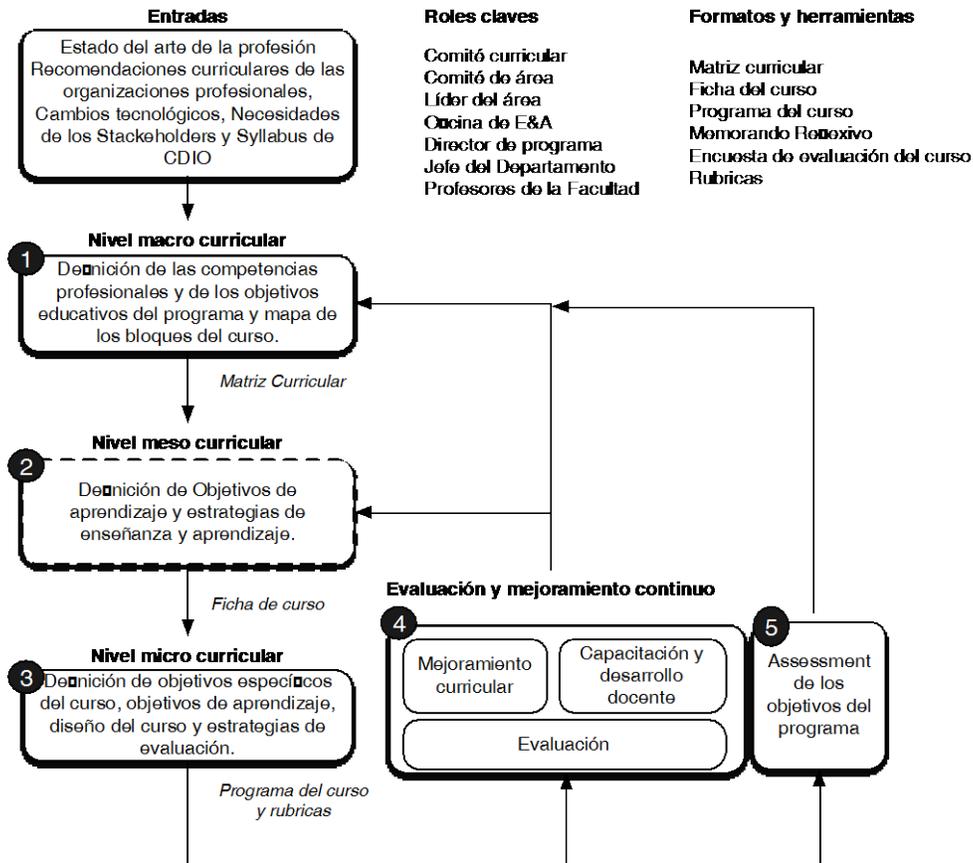


Figura 1 – Estructura General de la Reforma Curricular

### 3. Reforma Curricular

Toda reforma curricular está motivada por los requerimientos y expectativas de grupos de “stakeholders” sobre el mejoramiento de calidad educativa. Estos grupos de “stakeholders” pueden distribuirse en: estudiantes, industria, facultad y sociedad (ver Figura 2).

Los recuadros que se muestran en la Figura 2, se refieren a los actores claves y “stakeholders” que han contribuido a desarrollar el proceso de reforma curricular en nuestros programas académicos, ya sea como motivadores internos o como proveedores de información valiosa que permite la reflexión sobre la práctica educativa.

Dentro de los motivadores asociados como “stakeholders” internos, se encuentran los recién egresados de los programas de Ingeniería Telemática y Sistemas, quienes mediante encuestas plantean su satisfacción respecto a: (i) Las habilidades profesionales y personales obtenidas a lo largo del programa académico; (ii) La efectividad de proyectos de grado que integran bloques de cursos a través de sus habilidades disciplinares y de ingeniería; así como (iii) la efectividad de las estrategias de Enseñanza-Aprendizaje utilizadas en la facultad. Igualmente se obtuvo información proveniente de procesos de autoevaluación de docentes y del desempeño de estudiantes en su práctica profesional.

Finalmente, los “stakeholders” externos son empresarios o personas pertenecientes a la industria que nos permiten identificar habilidades personales y profesionales necesarias de un profesional en Ingeniería. Este grupo suministró importantes lineamientos curriculares y ejemplos de buenas prácticas (ejemplo, referentes como currículo IEEE/ACM 2014 y CDIO (Crawley, et al., 2011)) y las pruebas Saber-Pro, aplicadas por el Ministerio de Educación a nivel de educación superior.

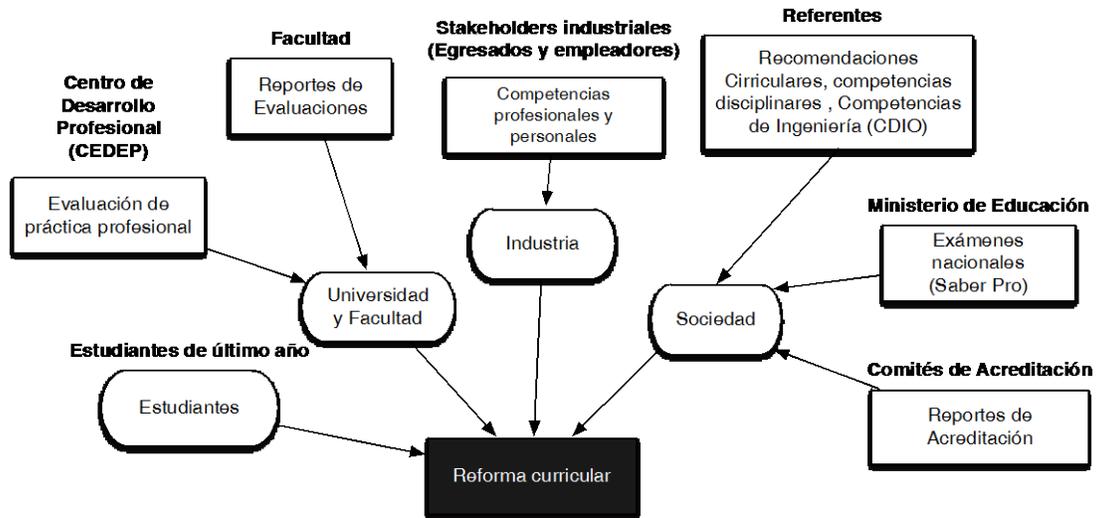


Figura 2 – Motivadores y “Stakeholders” para la Reforma Curricular en la Universidad Icesi

#### 4. Nivel Macro-Curricular

Este nivel comienza evaluando la evidencia obtenida de los principales “stakeholders” por el comité curricular, liderado por el director de programa, quienes deciden si es necesaria una reforma curricular, y si es así, inicia la selección de los factores de entrada. Se inició revisando las recomendaciones de los referentes profesionales nacionales e internacionales de cada programa (ACM/IEEE), así como programas maduros de universidades seleccionadas. Otro factor es el Proyecto Educativo Institucional o PEI, que especifica los valores, las competencias transversales y el modelo educativo. El syllabus de CDIO (Crowley, et al., 2011) junto con los factores anteriores se emplearon para crear la encuesta de los “stakeholders” aplicada en un grupo focal conformado por representantes de los empleadores, ex alumnos y profesores. El grupo focal se seleccionó teniendo en cuenta los años de experiencia en diversas áreas de conocimiento y desarrollo profesional (Arboleda, et al., 2013) (Ulloa, et al., 2013). El comité de currículo procesa y analiza los resultados de la encuesta para definir el perfil profesional y los resultados de aprendizaje del programa.

El comité curricular define/renueva las áreas de los cursos y sus temas para definir la estructura curricular general y el diseño del contenido y su secuencia de aprendizaje. Nuestra estructura curricular (Crowley, et al., 2014), comprende un curso introductorio, los cursos básicos, cursos profesionales y cursos integradores. La Universidad Icesi en su PEI declara ser una institución educativa con un modelo educativo de aprendizaje activo (Ulloa, et al., 2013) (Hall, et al., 2002).

La última tarea de esta fase es la asignación de los resultados de aprendizaje del programa a los cursos. El resultado es una matriz curricular que especifica los niveles de alcance de las competencias en cada curso, así como el camino de la evolución de los conocimientos en el plan de estudios. El nivel macro-curricular se ilustra en la figura 3.

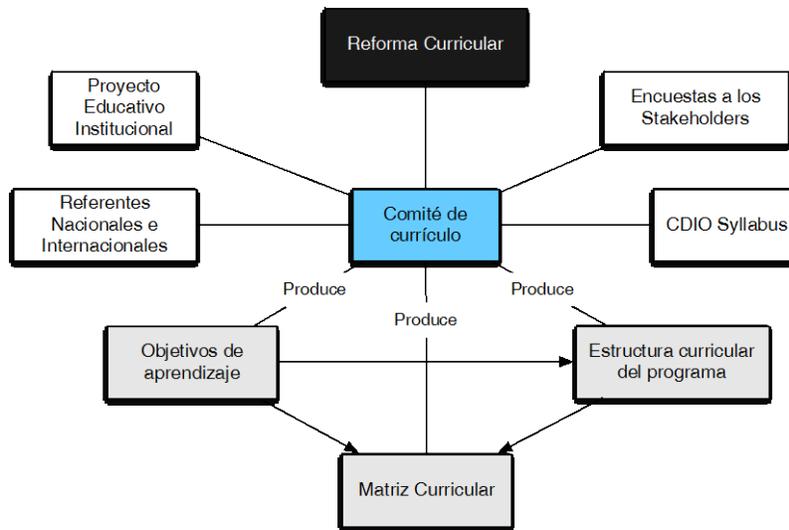


Figura 3 – Nivel Macro-Curricular

## 5. Nivel Meso-Curricular

El principal objetivo de este nivel es la producción de la ficha de los cursos, que es el mecanismo para mantener la coherencia entre la intención, los objetivos de aprendizaje terminales y estrategias de Enseñanza-Aprendizaje que se utilizarán para crear el programa del curso en el nivel micro-curricular.

Los cursos de un currículo se agrupan en diferentes áreas de conocimiento (Ulloa, et al., 2013), que se comprometen con las competencias y saberes de un área particular. Algunas áreas de conocimiento forman bloques que se comparten entre los programas, por ejemplo la formación básica en matemáticas y ciencias, pero en algunos casos se forman bloques que pertenecen a un solo programa, por ejemplo Infraestructura o Algoritmos y Programación. También se definen cursos de fin de bloque o cursos integradores permitiendo evaluar los resultados del aprendizaje CDIO como una parte integral del curso. Para manejar estos bloques se estableció establecer un comité de área formado por los profesores que enseñan estos cursos con un líder, quien coordina la creación de las fichas de cursos del grupo apoyados por la dirección de mejoramiento.

La dirección de mejoramiento genera la ficha base e informa a cada comité de área acerca de las responsabilidades de formación de los cursos, que se extraen de la matriz curricular. El comité de área transforma la lista de resultados de aprendizaje y los temas disciplinarios en un conjunto de objetivos de aprendizaje terminales. Además definen las estrategias de Enseñanza-Aprendizaje y de evaluación para cada objetivo terminal. Durante este proceso, ilustrado en la figura. 4, el líder de área garantiza la coherencia de los objetivos terminales con respecto a las responsabilidades de los cursos definidos en el nivel macro-curricular. Las fichas de curso se convierten en las directrices para desarrollar los programas del curso a nivel micro-curricular.

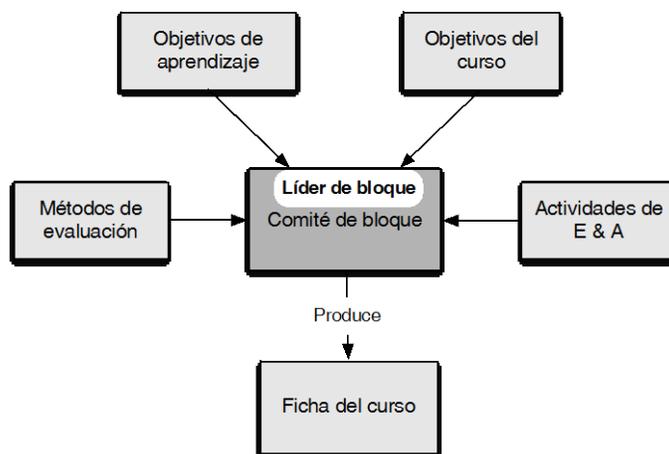


Figura 4 – Nivel Meso-Curricular

## 6. Nivel Micro-Curricular

Este nivel inicia entregando la ficha de curso a los profesores involucrados en la enseñanza del curso y termina con el programa de curso como se representa en la figura 5. El programa es la guía para el profesor y los estudiantes de los temas específicos que se tratarán en el curso, los objetivos específicos de aprendizaje que deben alcanzarse con cada tema y el plan de evaluación. La ficha de curso tiene definido los objetivos de aprendizaje terminales y los temas generales, siendo el deber del profesor ampliar esa información en temas más detallados y la definición de objetivos específicos de aprendizaje por tema (o grupo de temas).

En el programa del curso, el profesor también establece las actividades concretas de Enseñanza-aprendizaje que se desarrollarán durante el curso y los instrumentos de evaluación del proceso de aprendizaje. Es necesario apoyar a los profesores en el diseño del programa del curso y en las estrategias de evaluación de las competencias, *assessment* (Walvoord, 2010). En el caso de Ingenierías, la evaluación de competencias no es natural, ni viene con la formación de los profesores pero mediante un programa de desarrollo docente, la facultad que puede mejorar este aspecto a corto plazo. En tal caso, el apoyo del líder del área y de los expertos asociados a la dirección de mejoramiento y el Centro de Recursos para el Aprendizaje (CREA) puede ayudar a los profesores a seleccionar las mejores estrategias de enseñanza y evaluación, *assessment* (Arboleda, et al., 2013).

## 7. Proceso de Mejoramiento Continuo

El profesor durante el semestre, ejecuta las actividades de enseñanza y aprendizaje planeadas con antelación en el programa del curso y aplica las diferentes estrategias de evaluación, *assessment*, apoyado con rúbricas que recogen la evidencia de los niveles alcanzados en cada una de las competencias a lo largo del curso. Al finalizar el semestre, el profesor debe completar un *Memorando Reflexivo* del curso. Este memorando ayuda a los profesores a organizar la evidencia colectada sobre el proceso de aprendizaje y a reflexionar sobre las actividades desarrolladas durante su curso. Para completar la visión del aprendizaje del curso,

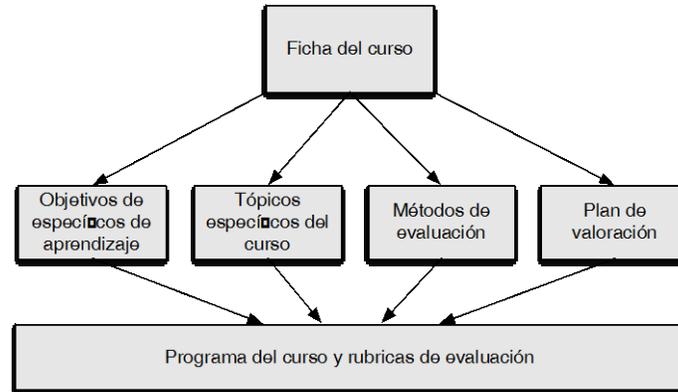


Figure 5 – Nivel Micro-Curricular

el profesor utiliza también los resultados de la encuesta de evaluación que es aplicada por la oficina que maneja el proceso de calidad en la universidad, y que completan autónomamente los estudiantes (Fig 6).

El memorando reflexivo y la encuesta son discutidas con el jefe del departamento, la dirección de mejoramiento y el líder de bloque (área) con el fin de tomar acciones que pueden ser: cambiar las estrategias de enseñanza y aprendizaje, utilizar diferentes actividades o modificar la evaluación. También esta reflexión sustentada puede afectar el programa del curso o la ficha del curso. En algunos casos las correcciones podrían llegar hasta el nivel meso-curricular o macro-curricular.

Si se detectan aspectos por mejorar en la actividad docente, se puede realizar un plan de desarrollo profesoral en aspectos tales como aprendizaje activo, competencias en la elaboración de rúbricas, o en el proceso de evaluación, *assessment*, de una competencia, u otros.

## 8. Conclusiones

En este artículo hemos presentado el proceso de implementación de una reforma curricular que respeta los lineamientos de las recomendaciones de CDIO. En la literatura se encuentra documentada la implementación de una reforma curricular usando CDIO, pero se carece de una detallada descripción del proceso de implementación.

Los lineamientos han sido definidos y probados a través de nuestra experiencia en la reforma curricular de los programas de Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Telemática de la Universidad Icesi, en Cali, Colombia. Los lineamientos presentados muestran las fases que deberían seguirse para garantizar la consistencia a través del proceso, de manera que las decisiones tomadas al más alto nivel como perfiles profesionales o competencias del ingeniero, pueden ser conducidas a través de todo el diseño curricular y hasta el detalle del diseño de los cursos. Todo el proceso está inmerso en un ciclo de mejoramiento continuo lo que permitirá mejorar continuamente en los objetivos propuestos. Esperemos que esta descripción detallada de nuestro proceso pueda ser usada como una guía en otras instituciones y ajustada a la medida y las realidades de cada una de ellas.

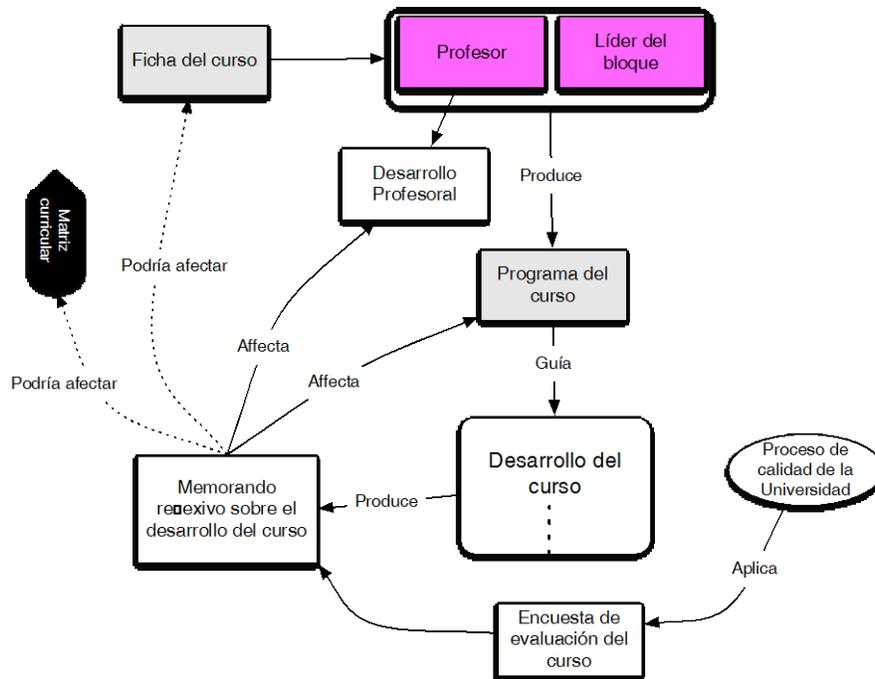


Figura 6 – Proceso de Mejoramiento Continuo

## Referencias

- Crawley, E., Malmqvist, J., Östlund, S., Brodeur, D., y Edström, K. (2014). *Rethinking Engineering Education, The CDIO Approach*. Segunda Edición, Editorial Springer 2014, ISBN 978-3- 319-05561-9
- Walvoord, B. (2010). *Assessment clear and simple. A practical guide for instructors, Departments and general education*. Editorial Jossey-Bass; Segunda edición.
- Crawley, E., Malmqvist, J., Lucas, W. and Brodeur, D. (2011). *The CDIO Syllabus v2.0. An Updated Statement of Goals for Engineering Education, Proceedings of the 7<sup>th</sup> International CDIO Conference, Copenhagen, Junio 20-23*.
- Arboleda, H., Pachón, A., Ulloa, G. (2013). Discovering proficiency levels for CDIO Syllabus topics through Stakeholders differentiation. CDIO Conference 2013, Junio 9-13, Cambridge.
- Ulloa, G., Pachón, A., Arboleda, A. (2013). Active Learning and CDIO Implementation in Colombia. CDIO Conference 2013, Junio 9-13, Cambridge.
- Hall, S., Waitz, I., Brodeur, D., Soderholm, D. y Hasr, R. (2002). Adoption of Active learning in a Lecture-Based Engineering Class. 32<sup>nd</sup> ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Nov 6-9.
- ACM/IEEE Computer Curricula, <http://www.computer.org/portal/web/education/Curricula;jsessionid=eb6fe63c58178570ab8f010c5794>, referenced on Jan 2014
- G.Ulloa, et all. (2014). An Approach to implementation Process of CDIO. Proceedings of the 10th International CDIO Conference, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, España, Junio 16-19.

## Sobre los autores

- **Gonzalo Ulloa**, Ph.D. Decano Facultad de ingeniería y profesor del departamento de Tecnologías de Información y Comunicaciones, Universidad Icesi. Temas interés: redes industriales en tiempo real, buses de campo y Gobierno de TI. Correo: gulloa@icesi.edu.co

- **Norha M. Villegas**, Ph.D. Directora programa Ingeniería de Sistemas y profesora del departamento de Tecnologías de Información y Comunicaciones, Universidad Icesi. Temas interés: Ingeniería de Software, software autoadaptable, computación adaptada al contexto y minería de datos. Email: [nvillega@icesi.edu.co](mailto:nvillega@icesi.edu.co)
- **Sandra Céspedes**, Ph.D. Directora programa Ingeniería Telemática y profesora del departamento de Tecnologías de Información y Comunicaciones, Universidad Icesi. Temas Interés: Sistemas de comunicación de rutas vehiculares y dispositivos móviles, redes eléctricas inteligentes. Correo: [scspedes@icesi.edu.co](mailto:scspedes@icesi.edu.co)
- **Juliana Jaramillo Ospina**: Directora Mejoramiento Continuo y Acreditación Internacional Facultad de Ingeniería y profesora departamento Ingeniería Industrial. Temas interés: Innovación Curricular, Calidad Educativa, Enseñanza Ingeniería. Correo: [jjaramillo@icesi.edu.co](mailto:jjaramillo@icesi.edu.co)
- **María P. Ayala**, M.Ed. Coordinadora Diseño Curricular en el Centro de recursos para el aprendizaje (CREA), y profesora del departamento de Estudios Psicológicos, Universidad Icesi. Correo: [mpayala@icesi.edu.co](mailto:mpayala@icesi.edu.co)

---

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

Copyright © 2014 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)