



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI

**GESTIÓN, CALIDAD Y DESARROLLO
EN LAS FACULTADES DE INGENIERÍA**

Cartagena de Indias, Colombia
18 al 21 de septiembre de 2018



PROPUESTA DE METODOLOGÍA DE REFLEXIÓN CURRICULAR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS BASADA EN EL ESTÁNDAR CDIO Y REFERENTES DISCIPLINARES

Mariela Curiel Huérfano, Efraín Ortiz Pabón, Germán Alberto Chavarro Flórez

**Pontificia Universidad Javeriana
Bogotá, Colombia**

Resumen

Los procesos de reflexión curricular implican, por una parte, compromiso con la calidad y, por otra parte, tener en cuenta múltiples referentes, para asegurar el diseño de un currículo acorde con las necesidades futuras. Este artículo propone una metodología y un plan de acción, para realizar dicho proceso, teniendo en cuenta referentes nacionales e internacionales. El enfoque propuesto está basado en la metodología para diseño curricular integrado de la iniciativa CDIO, pero tiene en consideración múltiples factores que simultáneamente afectan el proceso, entre los que se encuentran: El modelo de calidad actual del programa, que debe integrarse con la reflexión; los criterios establecidos por ABET, dado que el programa está acreditado internacionalmente; referentes internacionales, así como las características de formación de otras universidades líderes a nivel nacional e internacional, referentes nacionales tales como el CNA, el marco nacional de cualificaciones y el observatorio laboral, entre otros. En este artículo se presenta la experiencia de diseño del proceso de reflexión curricular para el Programa de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Javeriana. En este momento, la reflexión curricular se encuentra en progreso siguiendo el plan de trabajo establecido.

Palabras clave: reflexión; currículo; metodología; CDIO; ABET

Abstract

Curricular reflection processes imply, on one hand, a compromise with quality, and on the other hand, to have in mind multiple models, in order to assure a curricular design in line with future

needs. This article presents a proposal for a methodology and a road map to perform that process, taking into account national and international references. The proposed approach is based on the CDIO integrated curriculum design methodology, but it also considers multiple factors that affect the process: the current program's quality model which must be integrated with the reflection; the ABET established criteria, given the program has international accreditation; international discipline models, as well as objectives and education characteristics from other leading national and international universities; national models such as CNA, qualification national framework and the labor observatory, among others. This article presents the experience of designing the curricular reflection process for the Systems Engineering program at Pontificia Universidad Javeriana. At this moment the curricular reflection is in progress following the established road map.

Keywords: Reflection; curriculum; methodology; CDIO; ABET

1. Introducción

Emprender un proceso de reflexión curricular es una tarea difícil, pero a la vez necesaria, en particular en una disciplina como la Ingeniería de Sistemas que se renueva constantemente. Por fortuna, existen muchas iniciativas orientadas al mejoramiento de la enseñanza en Ingeniería y que ofrecen un punto de partida para dicha reflexión. Sin embargo, no es suficiente con revisar un modelo, ya que existen muchos factores tanto a nivel nacional como internacional que afectan el resultado y que no pueden ser soslayados.

En el caso de la Carrera de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Javeriana, se decidió tomar como referente inicial el trabajo realizado por la iniciativa mundial CDIO. Sin embargo, fue claro desde el comienzo que muchos otros factores afectan el diseño. Entre ellos, prima el hecho que la Carrera tiene acreditación internacional ABET y se deben cumplir sus criterios. Por otro lado, es importante revisar los referentes disciplinares, que en este caso son instituciones como ACM (Association for Computing Machinery), IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) e INCOSE (International Council on Systems Engineering). Aparte de estos documentos disciplinares, es importante revisar los documentos de la institución, artículos que dan cuenta de la ingeniería en el mundo y en Latinoamérica en los próximos años, así como los modelos de universidades prestigiosas, entre otros.

Este artículo explica los diferentes pasos que conforman el proceso de reflexión curricular, así como la forma en la que se deben organizar las directivas y la comunidad educativa (constituyentes) para realizar dichas tareas. El artículo se estructura de la siguiente forma: en la sección 2 se define la iniciativa CDIO, ABET y, brevemente, el modelo de calidad de la carrera. En la sección 3 se definen los grandes componentes de la metodología propuesta, los cuales se explican de forma más detallada en las secciones 4 a 9. Las principales conclusiones se exponen en la sección 10.

2. Definiciones

CDIO. Por sus siglas en inglés “Conceiving-Designing-Implementing-Operating” (Crawley, et al., 2014) es una iniciativa a nivel mundial que provee un marco de trabajo que pretende definir una nueva manera de enseñar ingeniería en el contexto de concebir, diseñar, implementar y operar sistemas y productos del mundo real. Sus propuestas se han adoptado para la planeación curricular y la medición de logros basada en resultados de aprendizaje.

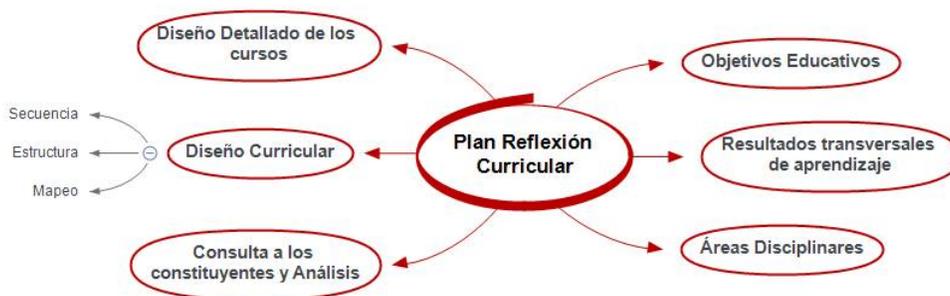
CDIO define dos elementos básicos: el syllabus y los estándares. El syllabus define el conjunto de resultados de aprendizaje, no disciplinares, que deben ser alcanzados por un ingeniero y los estándares definen las 12 características que distinguen un programa CDIO. Uno de los estándares hace referencia explícitamente a la existencia de un currículo integrado diseñado con cursos disciplinares que se soportan entre sí y con un plan explícito para integrar las habilidades personales, interpersonales y de construcción de sistemas/productos. Para lograrlo, los impulsores de CDIO proponen un modelo para construir dicho tipo de programa. En (Muñoz, et al., 2013), (Pérez, et al., 2014) y (Cadavid, et al., 2015) se pueden observar experiencias de integración de CDIO en currículos de ingeniería en universidades latinoamericanas.

ABET. Es una organización internacional, no-gubernamental y sin ánimo de lucro, que acredita programas en varias disciplinas, entre ellos la Ingeniería de Sistemas (ABET, 2018). Define los criterios que debe cumplir un programa de pregrado para lograr los estándares de calidad.

Modelo de Calidad de la Carrera de Ingeniería de Sistemas. El Programa de Ingeniería de Sistemas adoptó un modelo para el aseguramiento continuo de la calidad (Chavarro, et al., 2016). El modelo inicia con la definición de los objetivos educativos del programa y a partir de ellos se definen los resultados de aprendizaje esperados y una rúbrica general para cada uno. El siguiente paso es establecer la relación entre los cursos y los resultados de aprendizaje y con base en ello construir la llamada matriz de valoración. Tan pronto se ha establecido la matriz de valoración se inicia el proceso cíclico de medición, evaluación, retroalimentación y acciones de mejora.

3. Proceso de Reflexión Curricular y Equipo de Trabajo

En la siguiente gráfica se presentan los pasos básicos involucrados en el proceso; deben leerse de derecha a izquierda, en el sentido de las agujas del reloj. En las próximas secciones se detallan cada uno de los pasos del proceso.



Para realizar el proceso de reflexión curricular se conformó un equipo de trabajo de la siguiente manera:

- Coordinación a cargo de un profesor, con la participación de las direcciones de Carrera y Departamento
- Grupo de Apoyo conformado por un equipo de 5 profesores
- Grupo completo de profesores
- Apoyo Operativo

Es importante que antes de iniciar el proceso, este sea socializado con todos los integrantes del cuerpo docente y se establezcan claramente los objetivos de la reflexión curricular.

4. Objetivos Educativos del programa

El primer paso en el proceso de reflexión es la validación (o definición si es la primera vez) de los objetivos educativos del programa. En nuestro modelo de calidad tomamos la definición de ABET (ABET, 2018): Son sentencias generales donde se describe lo que se espera que los graduados sean capaces de lograr unos pocos años después de la graduación. Se espera que sean máximo cinco objetivos. Para la definición de los objetivos educativos dentro del proceso de reflexión curricular se debe tener en cuenta:

- La Misión y Visión de la institución
- Documentos institucionales que puedan influir en la reflexión
- Concepto de los constituyentes del programa: Comité de Gobierno e industria, profesores, comité de carrera, comité estudiantil
- Referentes a nivel nacional e internacional. Incluir iniciativas gubernamentales tales como marco de cualificaciones, observatorio laboral, etc.
- Benchmarking de universidades líderes a nivel nacional e internacional

Las actividades que se llevan a cabo en el proceso de definición de los objetivos educativos se pueden agrupar en tres etapas, cada una con diferentes pasos:

Etapa I: Obtener aspectos de los Referentes

1. Identificar claramente todos los referentes que se van a utilizar y distribuirlos para su análisis entre los integrantes del grupo de apoyo. Cada integrante identifica los aspectos que considera importantes en el referente para la definición de objetivos educativos; se deben valorar dos niveles de importancia: normal y alto (si se considera crucial).
2. Con esta información se construye una matriz que relaciona los aspectos contra los referentes, indicando el nivel de importancia. Para el análisis de los aspectos se tiene en cuenta la suma de sus niveles de importancia, el promedio y la moda. Los aspectos son finalmente ordenados según la moda, para su revisión.
3. Se descartan los aspectos que estén por debajo del promedio más una desviación estándar. Sin embargo, hay que tener en consideración que algunos aspectos pueden ser requeridos según la misión de la institución, aunque no tengan una valoración muy alta.

4. Se seleccionan como aspectos básicos aquellos que tienen la mayor valoración por parte de los referentes (superior al promedio) y los requeridos por la naturaleza de la institución. Los restantes se dejan para su análisis en la etapa III: refinamiento de los aspectos.

Etapa II: Obtener aspectos de otras Universidades

En esta etapa se identifican las universidades que se quieren utilizar para benchmarking y la lista se distribuye entre los integrantes del grupo de apoyo. De nuevo, se identifican los aspectos mencionados por las universidades en términos de objetivos y perfiles. Se parte de la lista de aspectos identificados en los referentes, pero dicha lista se puede ampliar. De nuevo se construye una matriz, en este caso, de aspectos versus universidades.

Etapa III: Refinamiento de los aspectos.

1. En un taller con el grupo de apoyo y a partir de los aspectos que tienen mayor valoración se hace una agrupación por afinidad de tópicos. De aquí se empiezan a derivar los llamados aspectos básicos agrupados. Luego se analizan los aspectos intermedios (menos valorados); para ello se utiliza una herramienta donde ellos se evalúan en la escala de: imprescindible, importante, deseable, no necesario. Los que resulten con mayor valoración se tratan de incorporar a los aspectos básicos agrupados ya definidos. Es posible agregar aspectos básicos adicionales si así se considera por el grupo de apoyo. El objetivo es contar con una lista, no muy extensa (en el caso del programa fueron 10), de aspectos básicos.
2. En reunión plenaria de profesores, los aspectos básicos son revisados y se priorizan en talleres. El objetivo de los talleres es extraer los fundamentales (entre 3 y 5) y desechar los menos relevantes. Es importante anotar que durante todo el proceso se ha contrastado la información de los referentes contra el benchmarking de las universidades. Con base en el resultado de la plenaria de profesores, se procede a la redacción de los objetivos. La idea es que los aspectos fundamentales se convierten en los objetivos diferenciadores del programa. Los otros aspectos que no se hayan desechado formarán parte de la redacción.

Los objetivos así definidos deben ser puestos a consideración del comité asesor de gobierno e industria y del comité de carrera.

5. Resultados transversales de aprendizaje

En nuestro modelo de calidad se toma como base la definición de ABET (ABET, 2018) para resultados transversales de aprendizaje: estos resultados describen lo que los estudiantes deben saber y ser capaces de hacer en el momento de graduación. Sin embargo, como punto de partida se toma el trabajo realizado por la iniciativa CDIO en el llamado syllabus (CDIO, 2018).

El syllabus ofrece un conjunto generalizable de metas que indica las habilidades personales, interpersonales y de construcción de sistemas/productos. Sin embargo, es importante efectuar un análisis de su pertinencia, dada la naturaleza del programa. Para esto se realiza un taller con el

grupo de apoyo donde se identifica si cada competencia es considerada válida. Por consenso se eliminan algunas. Igualmente es posible añadir competencias que se consideren necesarias y además detallar los ítems originales de CDIO adaptándolos al contexto. Se aclara que CDIO no define competencias disciplinares, sólo transversales.

En este trabajo es muy importante asegurar que los resultados de aprendizaje exigidos por ABET están incluidos. Por fortuna, las competencias CDIO, son muy amplias y los cubren.

6. Áreas Disciplinarias

Dado que CDIO no es específico para una disciplina dentro de la Ingeniería, se hace necesario realizar un trabajo de prospectiva con referentes disciplinares nacionales e internacionales. Al identificar los referentes es importante incluir entidades que dictan estándares, entidades que trabajan elementos prospectivos y entidades locales que rigen la disciplina. Los referentes son distribuidos entre los miembros del grupo de apoyo, siendo el objetivo identificar las áreas de conocimiento disciplinares que ellos proponen. El trabajo es enriquecido con el benchmarking de universidades, ahora revisando áreas disciplinares.

Como se quiere hacer una reflexión de fondo, la idea es que en una primera etapa se aceptan todas las áreas de conocimiento posibles, para poder contar con un abanico amplio de posibilidades. Un trabajo de cuidado es tratar de identificar áreas y no tópicos específicos; estos se pueden convertir en componentes de las áreas identificadas. Finalmente, se revisan las coincidencias entre diferentes fuentes y se realizan agrupamientos cuando es posible. Posteriormente, se refinarán estas áreas tomando en cuenta elementos tales como los recursos actuales de la institución.

7. Consulta a los constituyentes del Programa y Análisis de la información

Este componente de la metodología se divide en tres etapas:

Etapa I: Consulta a los constituyentes

Con base en el trabajo realizado por el grupo de apoyo se debe construir una herramienta tipo encuesta, donde se consulta a los constituyentes del programa sobre los elementos identificados tanto en los resultados de aprendizaje transversales como en las áreas disciplinares. En el caso de las competencias CDIO se usa sólo el segundo nivel (X.X en la numeración del syllabus); los niveles siguientes se usan como detalle explicativo. Para cada ítem se pregunta el nivel esperado de competencia por parte del graduado. Se utilizan cuatro niveles, similares a lo expuesto por Bloom (Anderson, et al., 2000): (1) Ser capaz de reconocer e identificar, (2) Ser capaz de entender y explicar, (3) Ser capaz de poner en práctica o implementar, (4) Ser capaz de liderar o innovar. El objetivo es definir el nivel al cuál se debe llegar, en el programa, en cada competencia/área disciplinar.

Etapa II: Benchmarking del currículo actual.

Paralelamente, se realiza un benchmarking del currículo actual. Para ello se utiliza la técnica de la matriz ITU (Bankel, et al., 2005). El propósito es entender cómo el currículo actual cumple con las expectativas deseadas; esto se realiza sólo con los profesores del programa. Para cada uno de los elementos, se pregunta al profesor si actualmente **I**ntroduce (sin evaluar), **E**nseña-“**T**each”- (es un objetivo de aprendizaje y se evalúa) y/o **U**tiliza (asume que ya se conoce) el ítem en alguno de sus cursos. Esto permitirá conocer que tan cerca se encuentra el currículo actual de lo esperado y ayuda a identificar posibilidades de rediseño.

Etapa III: Análisis de los resultados

Se realiza un análisis de promedio y varianza, tendiendo a utilizar el promedio como nivel de competencia para el programa. Es importante realizar un análisis comparativo de los diferentes grupos que respondieron. Teniendo en cuenta que es un programa de pregrado no se espera que los niveles sean muy altos. Casos particulares deben ser revisados por la plenaria de profesores.

8. Diseño Curricular

Para este componente de la metodología, la base es la propuesta que se encuentra en (Crawley, et al., 2014). El modelo indica que un currículo integrado se construye a partir de la disciplina, interconectando tópicos, y las habilidades personales, interpersonales y de construcción de sistemas/productos se entretajan en cursos que se soportan mutuamente. Cada curso o actividad significativa establecerá los resultados esperados en cuanto a conocimiento disciplinar y habilidades.

Dado que el currículo se construye con base en la disciplina, el primer paso es agrupar las áreas disciplinares identificadas antes, en grandes áreas de conocimiento que permitan su análisis. Este trabajo se debe hacer en un taller con la plenaria de profesores. Cada área definida será asignada a un grupo de profesores. Se sugiere que no sean más de 5 áreas para facilitar su análisis.

Secuencia del currículo. Es la definición de la secuencia de contenidos y resultados de aprendizaje que muestra el progreso del estudiante; una experiencia de aprendizaje debe ser construida sobre la anterior. La secuencia se define en cada una de las grandes áreas de conocimiento utilizando la técnica “backward design”; es decir se parte de lo que se desea y a partir de allí se definen los tópicos que son necesarios para lograrlo. Inicialmente, se desarrolla la tarea en cada área, pero se deben hacer reuniones periódicas para detectar cruces, interdependencias y eliminar tópicos duplicados.

Debe incluirse aquí la secuencia de tópicos o habilidades necesarias para un resultado de aprendizaje no solo disciplinar sino también para las competencias transversales.

Estructura. Define la forma como se organizan los contenidos y los resultados de aprendizaje en unidades instruccionales para facilitar la conexión entre ellas. Incluye escoger el principio de

organización, el plan de integración, el uso de cursos en bloque y un concepto de currículo. El principio de organización se refiere a la forma en que se construye el currículo ya sea basado en la disciplina o basado en proyectos. El plan de integración indica cómo se evidencia en el currículo la relación entre los contenidos disciplinares y las competencias transversales. El siguiente elemento especifica diferentes formas de organizar los cursos: convencional (separados), secuencial, en bloque, a manera de bus, enlazado, simultáneo. Finalmente, para el concepto de estructura del currículo, se sugiere que un currículo integrado contenga cuatro tipos de cursos: introductorios, disciplinares, especializaciones (énfasis) y experiencias de diseño.

Mapeo. En este punto se debe definir la forma en que la secuencia de tópicos definida en un paso anterior se traduce en cursos. Es importante tener en cuenta el orden adecuado, la relación entre cursos y evitar la repetición de contenidos. La técnica de caja negra resulta útil para ayudar en la labor de coordinación entre cursos.

Uno de los estándares de CDIO indica que debe haber, en este punto, un plan explícito para integrar las competencias transversales. Este plan mapea las competencias a los cursos y muestra como ellas se entretajan con los diferentes tipos de cursos.

La secuencia de tópicos para cada resultado de aprendizaje transversal debe resultar en algo similar a lo empleado por el Royal Institute of Technology (KTH), donde cada habilidad es desarrollada a lo largo del programa, definiendo una ruta de desarrollo para cada resultado de aprendizaje CDIO. Como ya se mencionó esta ruta se define para el nivel etiquetado X.X en el syllabus.

Finalmente, se construye una matriz de incidencia que relaciona los cursos con los resultados de aprendizaje transversales y disciplinares. Para efectos de medición en el sistema de calidad, se define también una matriz de valoración, donde se indica que curso reporta medición de cuál resultado de aprendizaje y a qué nivel de Bloom.

9. Diseño detallado de los cursos

Una vez se cuenta con las competencias disciplinares y las habilidades transversales que son responsabilidad de cada curso, se debe definir el detalle del mismo. Esto se inicia definiendo los objetivos de aprendizaje del curso, los cuales deben estar alineados con los resultados de aprendizaje del programa. Dependiendo del nivel de Bloom de cada competencia, se escoge el verbo adecuado y se une con el objeto cognitivo correspondiente según el temario del curso. A partir de allí se detalla el programa del curso, se establecen las prácticas pedagógicas y se revisan los métodos de evaluación.

10. Conclusiones

En este artículo hemos presentado una metodología para realizar una reflexión curricular. La metodología se está aplicando actualmente en la reflexión de la Carrera de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Javeriana, sede Bogotá. Las particularidades de la metodología propuesta son las siguientes. a) Está basada en la metodología propuesta dentro de la iniciativa

CDIO; b) se adapta a las restricciones del modelo de calidad de la carrera y al modelo de acreditación ABET; c) incluye elementos de cómo abordar lo disciplinar. Es importante aclarar que no sólo se describen los pasos de la metodología, sino los grupos de trabajo que se articulan alrededor del proceso.

11. Referencias

Artículos de revistas

- Bankel J., Berggren K., Engstrom M., Wiklund I., Crawley E., Soderholm D., El Gaidi K., & Ostlund, S. (2005). Benchmarking engineering curricula with the CDIO syllabus. *International Journal of Engineering Education*, Vol 21, No. 1, pp. 121-133
- Cadavid, M. A. L., & González, G. R. (2015). CDIO: Una gran estrategia de formación en ingeniería. *Ingeniería y Sociedad*, 1(09), 33-39.
- Muñoz, M., Martínez, C., Cárdenas, C., & Cepeda, M. (2013). Active Learning in first-year engineering courses at Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile. *Australasian Journal of Engineering Education*, 19(1), 27-38.

Libros

- Crawley E. F., Malmqvist J., & Östlund S. (2014). *Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach*. New York, NY: Springer
- Anderson, L., Krathwohl. (2000). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*, Longman, New York

Memorias de Conferencias

- Pérez, T. V., Garcia, M. C., Montes, L. S. P., Chinchilla, C. M. D., & Garcia, F. M. C. (2014, August). CDIO. Una primera aproximación para los currículos de ingeniería en la UFPSO. en *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI 2014*.
- Rogers, G. (2013). *ABET Program Assessment Workshop*, ABET, Portland, OR, USA

Fuentes electrónicas

- Chavarro, G. & Curiel, M., (2016). Aseguramiento de la calidad hacia la acreditación internacional: modelo para la medición de los resultados de aprendizaje en la carrera de Ing. de Sistemas. Consultado el 29 de Mayo de 2018 en <https://www.acofipapers.org/index.php/eiei2016/2016/paper/view/1750>
- ABET, (2018). *Criteria for accrediting engineering programs, 2018 – 2019*. Consultado el 1 de Junio de 2018 en <http://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/criteria-for-accrediting-engineering-programs-2018-2019>
- CDIO, (2018). *The CDIO Syllabus v2.0*. Consultado el 12 de Junio de 2018 en http://www.cdio.org/files/project/file/cdio_syllabus_v2.pdf

Sobre los autores

- **Mariela Curiel:** Ingeniero en Computación y Magister Cs. de la Computación, Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela. Dr. en Informática, Universidad de las Islas Baleares, España. Profesor de Tiempo Completo. Directora de la Carrera. mcuriel@javeriana.edu.co
- **Germán Chavarro:** Ingeniero de Sistemas y Computación Universidad de Los Andes, Máster en Ciencias de la Computación State University of New York. Profesor de Tiempo Completo. gchavarr@javeriana.edu.co
- **Efraín Ortiz Pabón:** Ingeniero de Sistemas Universidad Autónoma Colombia, Maître ès sciences Université du Québec à Chicoutimi, Dr. en Gestión Universidad EAN, Profesor de Tiempo Completo. Director Departamento de Ingeniería de Sistemas. efrain.ortiz@javeriana.edu.co

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

Copyright © 2018 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)