



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

13 - 16  
DE SEPTIEMBRE

2022

CARTAGENA DE INDIAS,  
COLOMBIA



Encuentro Internacional de  
Educación en Ingeniería ACOFI

# Acciones curriculares para el mejoramiento de la tasa de graduación en programa de ingeniería electrónica

**Jorge Iván Marín Hurtado, Alexander López Parrado, Alexander Vera Tasamá**

**Universidad del Quindío  
Armenia, Colombia**

## Resumen

Uno de los principales retos en los programas académicos de pregrado es conseguir maximizar la tasa de graduación, además de que sus estudiantes cursen su plan de estudios en los períodos académicos proyectados. Sin embargo, la heterogeneidad de los grupos, los múltiples estilos de aprendizaje y los aspectos personales y/o dificultades han causado que una cantidad considerable de estudiantes estén requiriendo más del tiempo previsto para la culminación de su plan de estudios, especialmente en lo concerniente a su trabajo o tesis de grado.

En la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Quindío se han introducido desde el año 2020 unas variaciones en el reglamento de trabajos de grado, particularmente en modalidades como aplicación, pasantía, asistente de investigación, plan de negocio y seminario de grado. Estas últimas han incentivado la vinculación de estudiantes que se encontraron durante mucho tiempo en condición de continuidad o ausentes de procesos de trabajo de grado; algunos de ellos han conformado sus propias empresas a pesar de haber abandonado su proyecto, pero muestran un consolidado de habilidades propias de un ingeniero electrónico y afines con el perfil de egresado del programa académico.

En el último año hubo un incremento del número de graduados correspondiente a más del 50% con respecto al año anterior en el Programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Quindío. Esto obedece a que, sobre la explotación de las modalidades disponibles para trabajo de grado, se han incorporado procedimientos y nexos con el currículo CDIO (Concepción, Diseño, Implementación y Operación) que han permitido, además del desarrollo de habilidades personales, profesionales, interpersonales y de liderazgo en los estudiantes, el apoyo y la dirección de propuestas desde los diferentes profesores del Programa académico, favoreciendo además escenarios

de investigación y extensión. Este trabajo presenta una ampliación en la descripción estratégica y curricular de conformación de estos espacios y modalidades de trabajo de grado, así como su articulación con escenarios de formación propios de un currículo CDIO.

**Palabras clave:** graduación; currículo; seminario; estrategias

### **Abstract**

*One of the main challenges in undergraduate academic programs is maximizing the graduation rate, in addition to ensuring that students complete their study plan in the projected academic periods. However, the heterogeneity of the groups, the multiple learning styles and the personal aspects and/or difficulties have caused a considerable number of students to require more than the expected time to complete their study plan, especially with regard to their thesis or undergraduate work.*

*Since 2020 in the Faculty of Engineering of the University of Quindío, some variations have been introduced in the regulations of degree projects, particularly in modalities such as application, internship, research assistant, business plan and degree seminar. The latter have encouraged the linking of students who were for a long time in a condition of continuity or absent from undergraduate work processes; Some of them have set up their own companies despite having abandoned their project, but they show a consolidation of skills typical of an electronic engineer and those related to the profile of a graduate of the academic program.*

*In the last year, there was an increase in the number of graduates corresponding to about 50% with respect to the previous year in the Electronic Engineering Program of the University of Quindío. This is due to the fact that, on the implementation of the modalities available for undergraduate work, procedures and links have been incorporated with the CDIO (Conception, Design, Implementation and Operation) curriculum that have allowed, in addition to the development of personal, professional, interpersonal skills and leadership in the students, the support and direction of proposals from the different professors of the academic program, also favoring research and extension scenarios. This work presents an expansion in the strategic and curricular description of the conformation of these strategies and modalities of undergraduate work, as well as its articulation with training scenarios typical for a CDIO curriculum.*

**Keywords:** graduation; curriculum; seminar; strategies

## **1. Introducción**

En los currículos de programas académicos con enfoque CDIO (Crawley et al., 2014), (C.D.I.O, 2022) se consideran experiencias de aprendizaje integradas y experiencias de diseño e implementación a lo largo de su plan de estudios, orientadas a desarrollar habilidades personales, interpersonales, profesionales y CDIO, además de los resultados de aprendizaje previstos desde un trabajo articulado estratégicamente en función de necesidades y desafíos del entorno. La incorporación de



este tipo de estrategias fortalece las cifras de graduación de estudiantes (Flarup, *et al.*, 2017) toda vez que tanto docentes como estudiantes se involucran en procesos de aprendizaje de diferentes enfoques para desarrollar proyectos que demandan un trabajo técnico y administrativo, lo cual despierta motivación y simultáneamente incentiva el crecimiento de habilidades transversales a las disciplinas.

Las tasas de deserción y las de graduación son aspectos esenciales en los procesos de autoevaluación de los programas académicos (Consejo Nacional de Acreditación, 2021), en los que convergen acciones estratégicas orientadas al desarrollo del plan de estudios en los plazos previstos y con los niveles de desempeño estimados. Por esta razón, es imperativo el esfuerzo que deben orientar los programas académicos hacia reducir los tiempos y las cifras de las continuidades académicas, término que se encuentra asociado a la condición que adquieren los estudiantes cuando finalizan las asignaturas de su plan de estudios, pero extienden los plazos de terminación de sus trabajos o tesis de grado, incluso durante varios semestres.

En el programa Ingeniería Electrónica de la Universidad del Quindío el plan de estudios con enfoque CDIO se encuentra actualmente en el quinto año de oferta. El currículo plantea espacios académicos denominados “Proyectos CDIO I, II y III” para el desarrollo de experiencias de diseño e implementación, en cumplimiento de lo que define el estándar 5 CDIO (C.D.I.O, 2022). Particularmente, Proyecto CDIO II y Proyecto CDIO III se concibieron como un proyecto que involucra dos semestres de desarrollo; su implementación requiere pensar no solo en contenidos conceptuales y procedimentales sino también en el recurso humano y logístico que soporta dicha implementación, potencializando habilidades en el estudiante en la gerencia de proyectos como liderazgo, negociación, trabajo bajo presión entre otras. Además, una adecuada implementación no debe limitarse a pensar estos espacios académicos como elementos aislados de una realidad, pues es necesario considerar los riesgos y efectos en los demás procesos académicos del programa. Al respecto, hay procesos académicos que merecen una atención importante: los “Trabajos de Grado”, el “Seminario Docente” y la “participación de los estudiantes en actividades académicas del programa”, como estrategias definidas en el Plan de Mejoramiento del Programa.

En este documento se presenta entonces una propuesta que permite unificar sinergias para articular en forma integrada los espacios académicos Trabajo de Grado y Proyectos CDIO II y III. Esta propuesta busca optimizar el recurso humano y logístico, además de mejorar las tasas de graduación, consolidando en el programa una estrategia similar a la de una oficina de gerencia de proyectos

## 2. Diagnóstico

Las bajas tasas de graduación del programa y el desbalance en el número de estudiantes que se gradúan por semestre versus el número de estudiantes que ingresan a continuidad han sido una preocupación en los últimos años, resaltadas en los diferentes procesos de autoevaluación del programa e institucional, pues esta problemática no es exclusiva de un programa académico. Para ilustrar esta situación, un estudio elaborado por el Comité de Autoevaluación del Programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Quindío, con base en los registros del programa en el

sistema de información SAC (Universidad del Quindío, 2021) de estudiantes en Trabajo de Grado y Continuidad, muestran al primer período de 2020 el siguiente panorama:

- 100 estudiantes en continuidad académica. De estos estudiantes, 54 tienen un anteproyecto de trabajo de grado aprobado, pero 34 de ellos presentan retrasos de más de un año en la entrega del informe final. De los restantes estudiantes, 10 han sustentado el informe final, 9 se encuentran registrados en la modalidad de Seminario de Grado (ver sección 3) y 27 no reportan ninguna actividad conducente a cumplir el requisito de trabajo de grado.
- El acumulado de estudiantes que ha registrado alguna vez trabajo de grado, pero no ha entrado aún en continuidad académica es 75. De estos 75 estudiantes, sólo 23 tienen un anteproyecto de trabajo de grado aprobado, 10 están registrados en Seminario de Grado, 4 tienen un anteproyecto en revisión o aplazado, y 38 no reportan ninguna actividad conducente a satisfacer este requisito.
- Aun considerando el mejor de los casos, en que todos los estudiantes registrados en el Seminario de Grado lo aprueben y que todos los estudiantes que tengan aprobado un anteproyecto lo terminen y sustenten en segundo período de 2020, se tendría una graduación de 96 estudiantes el primer semestre de 2021, pero considerando el histórico de graduación, llegar a este ideal es improbable.
- Típicamente un trabajo de grado se desarrolla por dos (2) estudiantes bajo la tutoría de un docente, por lo tanto, si los 65 estudiantes que no tienen definido un anteproyecto de grado lo presentaran antes del segundo período de 2020, implicaría la dirección de 32 nuevos trabajos de grado, lo que implica 32 docentes con una nueva dirección de trabajo de grado, adicional a las que ya viene desarrollando.
- En promedio, de 35 estudiantes por semestre que cursan el espacio académico de Investigación, sólo 3 aprovechan esta formación para consolidar su propuesta de grado, y los restantes priorizan la culminación de la malla curricular, dejando para el final el desarrollo de una propuesta de trabajo de grado.

El anterior panorama muestra que el modelo exclusivo de direcciones de trabajos de grado es insostenible, dada la demanda de recursos humano y de tiempo.

En diferentes reuniones de profesores y consejos curriculares se han planteado diferentes estrategias conducentes a aumentar la tasa de graduación y reducir la tasa de ingreso a la continuidad, pero de las estrategias planteadas, el impacto ha sido bajo, como muestra el análisis de la Tabla 1.

**Tabla 1. Análisis de las estrategias propuestas para mejorar la tasa de graduación**  
**Fuente: Elaboración Propia**

<b>Estrategia</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>	<b>Impacto</b>
Banco de Trabajos de Grado	Sirvió para dar claridad al estudiante sobre propuestas y selección director	Facilita formulación pero no ejecución. Se requiere de fortalecer la cultura de actualización del banco.	Baja
Curso de Investigación del anterior plan de estudios, enfocado a la formulación anteproyecto (similar al espacio académico Trabajo Grado I del plan CDIO)	Aprenden a formular la propuesta	El estudiante no aprovecha el curso para elaborar un producto final. Anteproyecto elaborado en el curso nunca lo entregan El estudiante en ese momento de estudio en la malla curricular no tiene la confianza para profundizar en el desarrollo de una propuesta de grado.	Baja
Ligar profundizaciones a Trabajo de Grado para que en cada profundización se tengan entregables que hagan parte del Trabajo de Grado.	No se ha apropiado por parte de los docentes		Baja
Semilleros de investigación articulados con Trabajo de Grado. El anteproyecto de semillero se entrega como anteproyecto de Trabajo de Grado. Informe final sometido como informe final de Trabajo de Grado.	No se ha vuelto a discutir y podría ser una estrategia para optimizar recursos (docentes y recursos financieros para compras)		Baja
Seminario de grado	Terminan en un (1) semestre. Opción viable para estudiantes en continuidad	Solamente pueden aplicar 20 estudiantes por semestre.	Alta

El anterior análisis muestra que se hace necesario fortalecer procesos de capacitación y metodologías para la adopción de las estrategias, tanto en docentes como en estudiantes. Estos últimos no consideran relevante el tema de trabajo de grado sino hasta cuando terminan asignaturas del plan de estudios, cuando ya probablemente es demasiado tarde. Lo anterior, hace repensar las estrategias enfocadas a los trabajos de grado

### 3. Articulación de Estrategias

La Facultad de Ingeniería de la Universidad del Quindío plantea los siguientes escenarios como modalidades válidas para la realización de trabajos de grado:

- Proyecto de investigación. Orientado a promover la participación en procesos de investigación de la Universidad.
- Proyecto de aplicación. Orientado a la aplicación de conocimientos en la solución de problemas en una o varias áreas o líneas de profundización del programa.
- Pasantía. Es el trabajo de grado que realizará el estudiante en una entidad pública, privada, o no gubernamental (ONG); mediante la elaboración de un trabajo teórico-práctico relacionado con su perfil profesional.
- Plan de negocio. Pretende fomentar en el estudiante el espíritu emprendedor, la cultura empresarial y creación de empresas.
- Estudiante en tránsito o co-terminal. Orientado a estudiantes de pregrado de un programa profesional de la Universidad del Quindío, que teniendo aprobado el 80% de los créditos académicos, cursan espacios académicos de un posgrado.
- Seminario de Grado. Los estudiantes se involucran en un proceso de investigación o desarrollo, en una temática específica, bajo la tutoría de un docente durante un período académico.

Las modalidades de mayor incidencia en los últimos períodos académicos han sido la de proyecto de aplicación y seminario de grado, esta última con buenos resultados en quienes la asumen, pese a que solamente se autoriza la oferta de cinco grupos por período académico, cada uno entre tres y cuatro estudiantes, pero con la tutoría de un profesor que orienta durante todo el período con reconocimiento en su agenda laboral docente.

En cuanto al plan de estudios CDIO, la incorporación de dos niveles o espacios académicos para Trabajo de Grado (Trabajo de Grado I y Trabajo de Grado II) permite un mayor control y direccionamiento sobre el desarrollo del estudiante. En Trabajo de Grado I, es requisito la presentación y aprobación del anteproyecto o propuesta de grado ante un Comité de Evaluación; esto se hace con el acompañamiento de un equipo de docentes en el espacio académico y la dirección de un tutor o director experto en el área del trabajo. Durante el Trabajo de Grado II, el estudiante deberá ejecutar el cronograma proyectado en la propuesta para el cumplimiento de los objetivos; al finalizar este espacio, debe sustentar su trabajo ante panel de expertos evaluadores.

Por otra parte, el modelo adoptado para la implementación del Proyecto CDIO I ha implicado una estrategia colegiada de cinco (5) docentes quienes realizan una planeación cuidadosa de este espacio académico y brindan un seguimiento constante a los estudiantes. Si bien este modelo ha resultado exitoso desde el punto de vista de formación de los estudiantes, tiene ciertas implicaciones logísticas con la labor docente. Por lo tanto, emplear el mismo modelo de estrategia colegiada para los proyectos CDIO II y III implicaría 15 docentes solo para coordinar los Proyectos CDIO, y si a eso se suman las direcciones de trabajos de grado que se requieren para evacuar a los estudiantes pendientes, requiere un esfuerzo significativo por parte del cuerpo docente lo cual hace insostenible dicho modelo. En ese sentido se hace necesario pensar en un modelo integrado y



sostenible que optimice los recursos humanos para el desarrollo de los trabajos de grado y los Proyectos CDIO.

Finalmente, es importante destacar que el Plan de Mejoramiento del Programa planteó la necesidad de adoptar dos acciones estratégicas, por una parte, robustecer la política de retención estudiantil, y por otro lado consolidar un semillero docente que se constituya en un programa de formación que mejore la adopción de los estándares del CDIO 8 “Aprendizaje Activo” y 10 “Fortalecimiento de las Competencias Docentes de los Académicos”.

### Descripción del modelo de articulación con Proyectos CDIO

Con base en los referentes indicados en el diagnóstico, se plantea una estrategia que permita consolidar una estructura de formación donde se desarrollen habilidades en dos sentidos, por una parte, el trabajo colaborativo para el desarrollo de un proyecto y, por otra parte, la formación en habilidades de liderazgo y dirección de proyectos. La estructura propuesta ha sido concebida como un modelo sostenible que permita optimizar el recurso humano docente y mejorar las tasas de graduación como se explica a continuación.

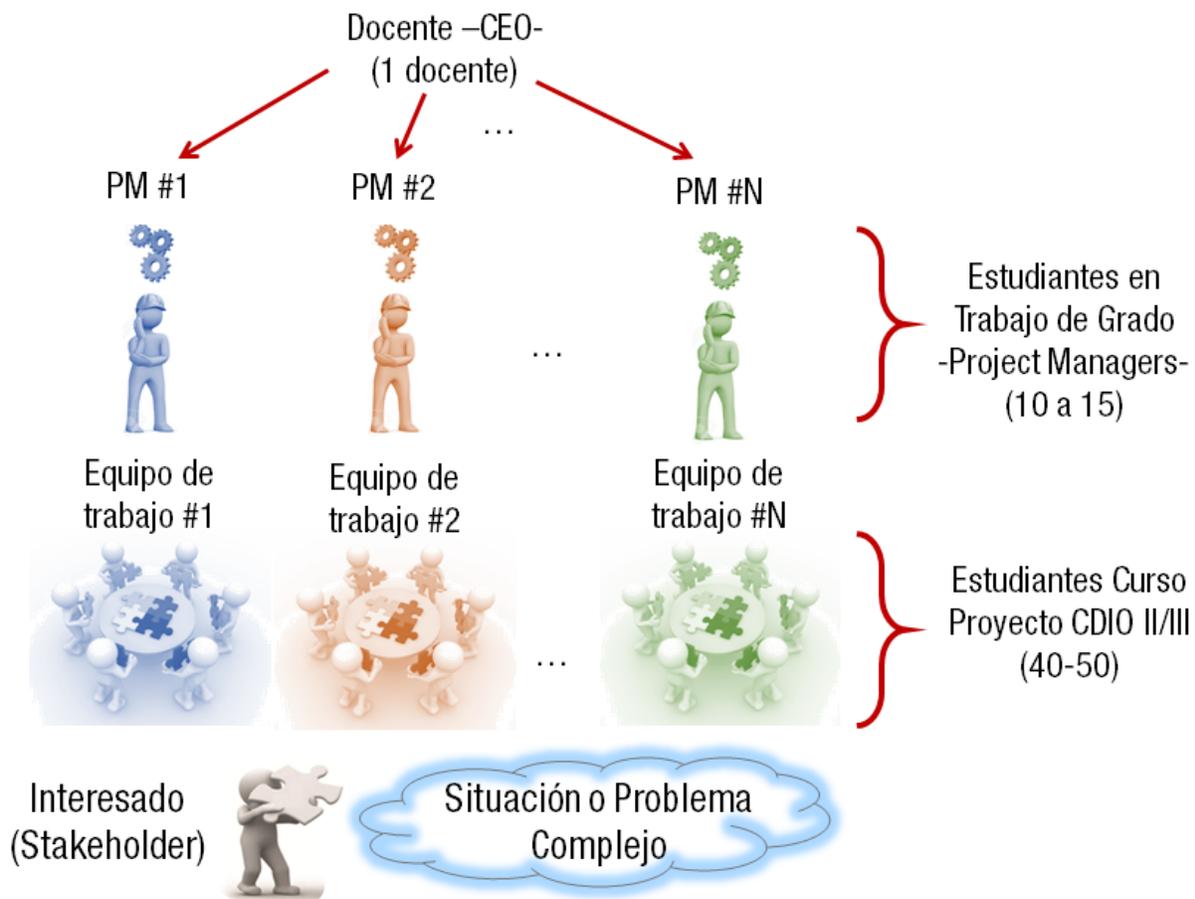


Figura 1. Modelo de Integración Proyecto CDIO II/III y Trabajo de Grado

En la Figura 1 se esboza el modelo propuesto. En este modelo, el equivalente a la Junta, con base en el enfoque PRINCE2, está compuesto por el docente encargado del curso Proyecto II/III, quien asume el rol de CEO y el interesado (*Stakeholder*) quien tiene una situación o problema complejo que requiere solución. Es función entonces del docente identificar el *stakeholder* y elaborar el *business case* preliminar, donde se detallan los propósitos, beneficios, contra beneficios, supuestos y riesgos, entre otros aspectos.

Algo fundamental a tener en cuenta es que todos los estudiantes solucionarán un único problema, con un único *stakeholder*, y no diferentes problemas con distintos *stakeholders*.

Este docente tiene a su cargo diferentes estudiantes que asumen el rol de Project Manager (PM). Estos PM serán estudiantes registrados en el espacio académico de Trabajo de Grado. Estos PM, en una segunda etapa, en conjunto con el docente, mejoran de manera colectiva el *business case* y construirán un único anteproyecto que se someterá a evaluación por parte del Comité de Trabajos de Grado.

Cada estudiante PM (estudiante en modalidad trabajo de grado) tendrá a su cargo a un diferente equipo de trabajo para el desarrollo del proyecto. Su equipo de trabajo estará conformado por estudiantes registrados en el espacio académico de Proyecto CDIO II/III. Estos estudiantes en conjunto con el PM construirán el plan de trabajo del equipo y desarrollarán el proyecto. Es responsabilidad entonces del estudiante PM supervisar su equipo de trabajo. En ese sentido, el docente ejecutivo, a pesar de ser el encargado del espacio académico CDIO II/III, no tendrá contacto directo con los estudiantes, sino a través de los PM, y solamente entrará en contacto con el estudiante del curso CDIO II/III cuando sea necesaria una resolución de conflictos.

En este modelo, cada equipo de trabajo bajo la dirección de su project manager, solucionarán el problema de manera independiente de los otros equipos. Al final del semestre, cada equipo presentará sus resultados ante un panel de expertos conformado por el CEO, el *Stakeholder* y otros implicados en la junta. Este panel de expertos evaluará cada proyecto con base en rúbricas de evaluación y emitirá una nota respecto al producto.

Es importante indicar que habrá un panel de expertos en Proyecto CDIO II para defender la propuesta de solución, y al final del Proyecto CDIO III, para evaluar el producto final. Para la evaluación de los estudiantes en Proyecto CDIO II/III y los estudiantes en trabajo de grado se contemplan diferentes entregables. Estos entregables en conjunto con las habilidades de comunicación oral, escrita y trabajo en equipo serán evaluadas a través de rúbricas. Se usarán las rúbricas definidas y avaladas por el claustro docente para dichos componentes.

Con respecto a las habilidades de trabajo en equipo, los estudiantes en proyecto CDIO serán evaluados por sus pares (miembros del equipo) y por el estudiante PM. En cuanto al estudiante PM, éste será evaluado por el docente y los miembros de su equipo en habilidades de liderazgo.

Estratégicamente, los PM son seleccionados mediante convocatoria de méritos y su seguimiento y acompañamiento se hará bajo la modalidad Seminario de Grado, amparada en el reglamento de trabajos de grado de la Facultad de Ingeniería.

## 4. Conclusión

El modelo de articulación presentado se ha implementado en dos fases en el Programa Ingeniería Electrónica de la Universidad del Quindío desde el segundo semestre de 2020. Aunque el escenario y la contingencia por pandemia de Covid-19 generó un impacto trascendental en todos los sectores de la educación, el uso de plataformas de videoconferencia y otros recursos digitales rápidamente fueron adaptados por profesores, estudiantes y Project managers. En la primera fase, los estudiantes que aplicaban a la modalidad Seminario de Grado y a Project Managers lo hacían desde dos perfiles o categorías diferentes, incorporándose una cifra importante de estudiantes que se encontraban en más de 2 años de continuidad académica bajo la categoría de Project manager, priorizando estudiantes con experiencia en empresas de base tecnológica. Sin embargo, por aspectos logísticos, dinámicas de evaluación y disponibilidad del recurso humano, actualmente esta figura se convoca en la modalidad Seminario de Grado; en esta fase, se seleccionan en promedio 8 estudiantes por período académico. Otros grupos de seminario de grado incorporan cerca de 12 estudiantes por período en esta modalidad, esto implica alrededor de 20 estudiantes con una muy alta posibilidad de cumplir con su requisito de trabajo de grado en un período académico. Adicionalmente, hay que mencionar la articulación de diplomados, como proyectos de extensión o educación continuada, en las áreas de acción del Programa académico, con un trabajo y requisitos rigurosos para estudiantes que quieren aplicar para solicitar su equivalencia con trabajo de grado pero que adicionalmente les permite obtener conocimientos, destrezas y certificaciones. Sin embargo, su oferta depende de la demanda de estudiantes, egresados y profesionales externos que permitan la viabilidad financiera de los proyectos. La autorización de la equivalencia u homologación con Trabajo de Grado la analiza y determina el Consejo Curricular del Programa académico.

La implementación de estas estrategias ha permitido que durante los últimos dos períodos se hayan reducido en cerca del 35% los estudiantes que se encontraban en continuidad académica y un incremento de aprox. 50% en las cifras de solicitudes de grado correspondientes al programa académico. Cabe anotar que los ingresos a continuidad han disminuido en más de un 50% y que más del 70% de los estudiantes que se encuentran actualmente en continuidad académica lo hicieron antes del año 2017.

## 5. Referencias

### Artículos de revistas

- Crawley, E. F., Malmqvist, J., Ostlund, S., Brodeur, D. R., & Edstrom, K. (2014). Rethinking engineering education: The CDIO approach, second edition. In Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach, Second Edition. Springer International Publishing.

### Memorias de congresos

- J. Flarup, H. Wivel, C. Munk (2017). Designing Process Enablers to Strengthen Professional Skills in Project Work 2.0. 12. 2017 13th International CDIO Conference in Calgary, Canada



## Fuentes electrónicas

- CDIO Standards 3.0 | Worldwide CDIO Initiative (2022). Consultado en junio de 2022 en <http://cdio.org/content/cdio-standards-30>
- Consejo Nacional de Acreditación (2021). Lineamientos y aspectos por evaluar para la acreditación de alta calidad de programas académicos. Consultado en junio de 2022 en [https://www.cna.gov.co/1779/articles-404750\\_norma.pdf](https://www.cna.gov.co/1779/articles-404750_norma.pdf)
- Universidad del Quindío (2021). Servicios en Línea. Consultado en abril de 2022 en <http://enlinea.uniquindio.edu.co>

## Sobre los autores

- **Jorge Iván Marín Hurtado:** Licenciado en Electricidad y Electrónica, Magister en Ciencia de los Materiales y Doctor en Ingeniería Eléctrica y Computación. Profesor asistente e investigador del grupo GDSPROC. [jorgemarin@uniquindio.edu.co](mailto:jorgemarin@uniquindio.edu.co)
- **Alexander López Parrado:** Ingeniero Electrónico, Máster en Ingeniería, Doctor en Ingeniería de la Universidad del Valle. Profesor asociado de la Universidad del Quindío e investigador del grupo GDSPROC. [parrado@uniquindio.edu.co](mailto:parrado@uniquindio.edu.co)
- **Alexander Vera Tasamá:** Ingeniero Electrónico, Especialista en Radiocomunicaciones, Doctor en Ingeniería de la Universidad del Valle. Profesor asistente de la Universidad del Quindío e investigador del grupo GDSPROC. Director de Programa Ingeniería Electrónica Universidad del Quindío. [avera@uniquindio.edu.co](mailto:avera@uniquindio.edu.co)

---

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

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

