

SEGUIMIENTO DEL LOGRO DEL PERFIL DE EGRESO EN INGENIERIA CIVIL INFORMÁTICA DE LA UCSC

Marcia Muñoz V., Universidad Católica de la Santísima Concepción, marciam@ucsc.cl
Claudia Martínez A., Universidad Católica de la Santísima Concepción, cmartinez@ucsc.cl

RESUMEN

Este artículo presenta los mecanismos de evaluación intermedios del proceso de seguimiento del plan de estudios renovado de la Carrera de Ingeniería Civil Informática de la UCSC. En particular, los resultados de la percepción de los estudiantes de su nivel de logro en las habilidades personales, profesionales e interpersonales, relevantes a su itinerario formativo a fines de 2015. Estas evaluaciones intermedias que se realizan al final del primer año y al final del tercer año de la Carrera son un complemento a las evaluaciones de los resultados de aprendizaje logrados en las asignaturas, ambos insumos importantes para nuestros procesos de mejora continua. En general en las habilidades personales y profesionales se observa una mejor percepción de los niveles de logro en el segundo hito evaluativo, lo que es esperable. Sin embargo, en las habilidades interpersonales los estudiantes a fines del tercer año se perciben en mayor porcentaje en los niveles de logro intermedios, disminuyendo los porcentajes de los niveles bajos y del nivel superior. Esta diferencia con la percepción al final del primer año puede deberse a que los estudiantes al final del tercer año tienen una mayor conciencia de sus reales habilidades, luego de haberse expuesto a numerosas actividades de aprendizaje activo en un contexto real.

PALABRAS CLAVES: Seguimiento curricular, evaluación del perfil de egreso, CDIO, educación en ingeniería.

INTRODUCCIÓN

Entre los años 2008 y 2010 la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de la Santísima Concepción (UCSC) realizó un proceso de renovación curricular a través de la adopción de la Iniciativa CDIO (Crawley et al., 2007) en todas sus carreras. Este proceso fue motivado por debilidades detectadas en procesos de auto-evaluación y guiado por las buenas prácticas del marco de trabajo CDIO, en particular el Syllabus que consiste en un conjunto de conocimientos y habilidades relevantes para un ingeniero y sus 12 estándares que son los principios rectores que guían y facilitan el diseño curricular y fomentan la mejora continua de los planes de estudio (Loyer et al., 2011). A partir del año 2011, la Facultad de Ingeniería inicia la etapa de implementación de la reforma curricular. Un aspecto central de esta reforma es la promoción del aprendizaje activo (Muñoz et al., 2013; Cárdenas et al., 2013; Loyer 2013; Cea et al., 2014; Martínez & Muñoz, 2014; Martínez & Cárdenas, 2014; Cea et al., 2015), lo que implica la ejecución de los planes de perfeccionamiento académico, habilitación de nuevos espacios de trabajo y la puesta en marcha de mecanismos de monitoreo y evaluación de los planes de estudios, todo lo cual fue apoyado por los proyectos MECESUP USC 0610, FIAC USC 1101 y PM USC 1308 del Ministerio de Educación chileno.

INICIATIVA CDIO

La Iniciativa CDIO tiene como objetivo general contribuir a la formación de ingenieros. Para ello, define un conjunto de recursos para alcanzar sus objetivos formativos. Estos recursos facilitan la definición del perfil de egreso y resultados de aprendizaje asociados, y permiten el diseño de un currículo integrado de las áreas de formación a través de un aprendizaje centrado en el estudiante. Dentro de los recursos disponibles en este marco de trabajo están el Syllabus CDIO y los Estándares CDIO (Crawley et al., 2007).

El Syllabus CDIO consiste en un conjunto de conocimientos y habilidades relevantes para un ingeniero, las cuales se organizan en cuatro secciones que además se han especificado hasta en cuatro niveles de profundidad. En la Tabla 1 se muestran sólo los dos primeros niveles para las cuatro secciones. La sección 1 corresponde al razonamiento y conocimientos disciplinarios; la sección 2 a las habilidades personales; la sección 3 a las habilidades interpersonales y la sección 4 a las habilidades propias de la ingeniería para Concebir, Diseñar, Implementar y Operar productos, procesos y sistemas en un contexto empresarial, social y ambiental (Crawley et al., 2007; Crawley et al., 2011).

Tabla N° 1: Nivel 2 del Syllabus CDIO V2.0

Estructura del Syllabus CDIO	
1. Conocimiento y razonamiento disciplinario	1.1 Conocimiento de matemáticas y ciencias básicas 1.2 Conocimiento de fundamentos de ciencias de la ingeniería 1.3 Conocimiento avanzado de fundamentos, métodos y herramientas de ingeniería
2. Habilidades y atributos personales y profesionales	2.1 Razonamiento analítico y resolución de problemas 2.2 Experimentación, investigación y descubrimiento de conocimientos 2.3 Pensamiento crítico 2.4 Actitudes, pensamiento y aprendizaje 2.5 Ética, equidad y otras responsabilidades
3. Habilidades interpersonales: Trabajo en equipo y comunicación	3.1 Trabajo en equipo 3.2 Comunicación 3.3 Comunicación en idiomas extranjeros
4. Concebir, Diseñar, Implementar y Operar sistemas en el contexto empresarial, social y ambiental – el proceso de Innovación	4.1 Contexto externo, social y ambiental 4.2 Contexto empresarial y de negocios 4.3 Concebir, ingeniería y administración de sistemas 4.4 Diseñar 4.5 Implementar 4.6 Operar 4.7 Liderazgo en ingeniería 4.8 Emprendimiento

Los Estándares CDIO incluyen 12 principios rectores que guían y facilitan el diseño curricular y fomentan la mejora continua de los planes de estudio en ingeniería. Estos estándares abordan la filosofía del plan de estudio (estándar 1), el desarrollo del currículo (estándares 2, 3 y 4), las experiencias de diseño-implementación (estándar 5), los espacios de trabajo (estándar 6), los métodos de enseñanza y aprendizaje (estándares 7 y 8), el desarrollo académico (estándares 9 y 10) y la evaluación (estándares 11 y 12). Cada estándar incluye una descripción, fundamentación y rúbrica de evaluación de su nivel de desempeño (Brodeur & Crawley, 2005; CDIO, 2010a; CDIO, 2010b). En la Tabla 2 se describe brevemente cada estándar y la Tabla 3

presenta una rúbrica general jerárquica con seis niveles que mide el grado de cumplimiento de un estándar. Si bien las rúbricas están personalizadas para cada estándar, todas siguen el mismo patrón general donde cada nivel superior incluye los niveles inferiores.

Tabla N° 2: Estándares CDIO

Estándar	Descripción
1. CDIO como contexto	Contexto para la educación en ingeniería es el desarrollo del ciclo de vida – Concebir, Diseñar, Implementar, Operar - de un producto, proceso o sistema.
2. Resultados de aprendizaje	Resultados de aprendizaje específicos y detallados referidos a habilidades personales e interpersonales, y a habilidades de construcción de productos, procesos y sistemas, así como al conocimiento de la disciplina, consistentes con los objetivos del plan de estudios y validados por todos los actores del plan.
3. Currículo integrado	Un currículo diseñado de manera que los cursos disciplinarios se apoyen unos en otros y en el que existe un plan explícito para integrar las habilidades personales e interpersonales, y las habilidades de construcción de productos, procesos y sistemas.
4. Introducción a la ingeniería	Un curso introductorio que proporciona un marco de referencia para la práctica de la ingeniería en la construcción de productos, procesos y sistemas, y que introduce habilidades personales e interpersonales básicas.
5. Experiencias de diseño implementación	Un currículo que incluye dos o más experiencias de diseño-implementación, al menos una de nivel básico y una de nivel avanzado.
6. Espacios de trabajo	Espacios de trabajo propios de la ingeniería, talleres y laboratorios que apoyan y estimulan el aprendizaje práctico en la construcción de productos, procesos y sistemas, el conocimiento disciplinario y el aprendizaje social.
7. Experiencias de aprendizaje integrado	Experiencias de aprendizaje integrado que conducen a la adquisición de conocimientos disciplinarios, de habilidades personales e interpersonales, así como también habilidades de construcción de productos, procesos y sistemas.
8. Aprendizaje activo	Enseñanza y aprendizaje basados en métodos de aprendizaje activo y experiencial.
9. Fortalecimiento de la competencia de los académicos	Acciones que fortalecen la competencia de los académicos en habilidades personales e interpersonales, y en habilidades de construcción de productos, procesos y sistemas.
10. Fortalecimiento de la competencia docente de los académicos	Acciones que fortalecen la competencia de los académicos para ofrecer experiencias de aprendizaje integrado, utilizar métodos de aprendizaje activo y experiencial, y evaluar el aprendizaje de los estudiantes.
11. Evaluación del aprendizaje	Evaluación del aprendizaje de los estudiantes tanto en habilidades personales, interpersonales, y en construcción de productos, procesos y sistemas, como también en conocimientos disciplinarios.
12. Evaluación del programa CDIO	Un sistema que evalúa el plan de estudios completo utilizando los doce estándares como puntos de referencia y comparación y que entrega realimentación a los estudiantes, académicos y otras partes interesadas para fines de mejoramiento continuo.

Tabla N° 3: Rúbrica general de evaluación de los Estándares CDIO

Nivel	Criterio
5	Las evidencias relacionadas con el estándar se revisan regularmente y se usan para hacer mejoras.
4	Hay evidencias documentadas de la completa implementación y del impacto del estándar en los diferentes componentes e integrantes del programa de estudios.
3	La implementación del plan para abordar el estándar está en funcionamiento en los diferentes componentes e integrantes del programa de estudios.
2	Existe un plan en marcha para abordar el estándar.
1	Hay conciencia de la necesidad de adoptar el estándar y existe un proceso en marcha para llegar a abordarlo.
0	No existe planificación documentada o ninguna actividad relacionada con el estándar.

SEGUIMIENTO CURRICULAR

Los mecanismos de monitoreo y evaluación se han enfocado tanto en las actividades curriculares y perfil de egreso, como en el nivel de cumplimiento de los estándares CDIO (estándar 11 y 12). La Fig. 1 presenta el modelo de seguimiento del logro del perfil de egreso para un plan de estudios. A nivel micro, se evalúa el logro de los resultados de aprendizaje de las asignaturas y a nivel macro, se realiza un monitoreo del perfil de egreso en distintas instancias de las carreras: una al término del primer año y dos evaluaciones intermedias en asignaturas claves que incluyen proyectos integradores (Cárdenas et al., 2012).

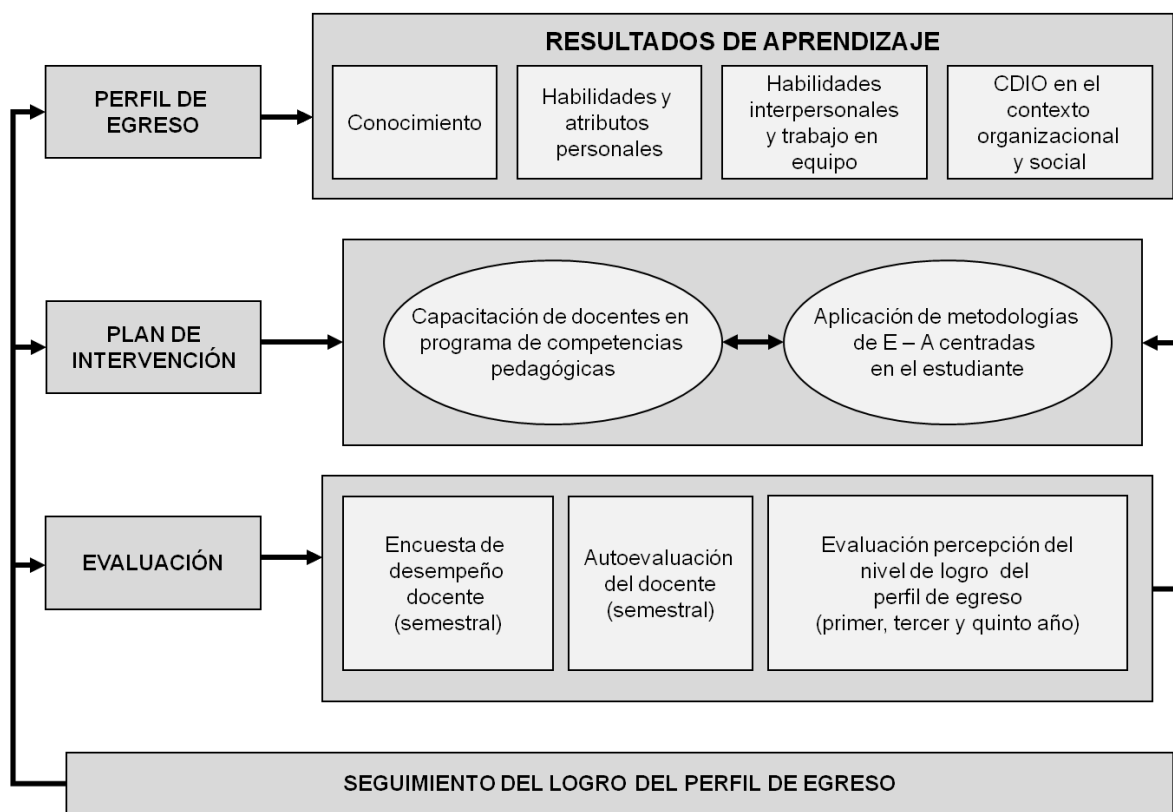


Figura N° 1: Modelo de seguimiento del logro del perfil de egreso.

En relación al seguimiento y evaluación del cumplimiento de los estándares CDIO, en el año 2013 se realizó una evaluación preliminar de la adopción de dichos estándares en los planes de estudio y tanto en ésta, como en una evaluación posterior el año 2015, se evidenció que en general las carreras se encuentran en el nivel 3 de logro de la rúbrica de evaluación en cada estándar, con algunas excepciones como el estándar 4 alcanzando el nivel 5, producto de las continuas revisiones que han permitido su mejora (Martínez et al., 2013). Sin duda, los procesos formativos en ingeniería toman tiempo (formalmente 6 años para la gran mayoría de las ingenierías, pero con un tiempo de duración efectiva que supera los 8 años a nivel nacional) y como la implementación de la reforma se encuentra en su quinto año, algunas de las innovaciones sólo se han revisado una o dos veces, así que los resultados aún son preliminares. En forma complementaria y para facilitar este monitoreo, se ha desarrollado una herramienta que permite el registro de hitos e indicadores y una visualización gráfica del cumplimiento de los estándares CDIO (Martínez et al., 2015).

EVALUACIÓN DEL LOGRO DEL PERFIL DE EGRESO

Finalizando el semestre II 2015 se aplicaron dos instrumentos para medir la percepción a los estudiantes de Ingeniería Civil Informática del nivel de logro de todas las habilidades y destrezas declaradas en el plan de estudios. Estos instrumentos fueron aplicados al final del primer año en la asignatura de Taller de programación I (IN1045C) y al final del tercer año en la asignatura de Bases de datos (IN1075C).

La aplicación del instrumento tuvo una cobertura de 62% de estudiantes de primer año en la asignatura Taller de programación I y un 100% de estudiantes de tercer año en la asignatura Bases de datos. La Tabla 4 muestra la escala tipo Likert que se utilizó en el instrumento para representar los distintos niveles de logros alcanzados por los estudiantes para cada resultado de aprendizaje:

Tabla N° 4: Escala de niveles de logro de los resultados de aprendizaje

Nivel	Descripción del logro
1	He experimentado o estado expuesto a
2	Soy capaz de participar en y contribuir a
3	Soy capaz de entender y explicar
4	Soy hábil en la práctica o implementación de
5	Soy capaz de liderar o innovar en

RESULTADOS

Cabe señalar que los estudiantes fueron encuestados sobre todos los resultados declarados en el perfil de egreso. Sin embargo, en este artículo se presenta la percepción del nivel de logro de los estudiantes considerando sólo los resultados de aprendizaje asociados a las habilidades personales y profesionales y habilidades interpersonales relevantes al itinerario formativo al final del tercer año de la Carrera, los cuales se muestran en la Tabla 5 y Tabla 6 respectivamente.

Tabla N° 5: Resultados de aprendizaje CDIO para las habilidades personales y profesionales

Habilidades CDIO personales y profesionales	Nivel 3
2.1 Razonamiento analítico y resolución de problemas	2.1.1 Identificación y formulación de problemas
	2.1.2 Modelamiento
	2.1.5 Solución y recomendaciones
2.2 Experimentación, investigación y descubrimiento de conocimientos	2.2.2 Búsqueda de información
2.3 Pensamiento crítico	2.3.1 Pensamiento holístico
	2.3.2 Comportamiento de sistemas
	2.3.3 Priorización y foco
2.4 Actitudes, pensamiento y aprendizaje	2.4.1 Toma de decisiones
	2.4.2 Flexibilidad y perseverancia
	2.4.4 Pensamiento crítico
	2.4.6 Educación continua
	2.4.7 Administración del tiempo y recursos
2.5 Ética, equidad y otras responsabilidades	2.5.1 Ética y responsabilidad social
	2.5.2 Conducta profesional
	2.5.3 Proactividad

Tabla N° 6. Resultados de aprendizaje Habilidades interpersonales

Habilidades CDIO interpersonales	Nivel 3
3.1 Trabajo en Equipo	3.1.2. Equipos efectivos
	3.1.3. Operación de equipos
	3.1.4. Liderazgo
3.2 Comunicación	3.2.3. Comunicación escrita
	3.2.4. Comunicación multimedia
	3.2.6. Presentaciones orales

En la Fig. 2 se presentan los resultados de los niveles de logro de las habilidades personales y profesionales al final del 1er. y 3er. año. En ella se puede observar que, para el primer hito de evaluación, los estudiantes percibían estar en cinco niveles de logro para todas las habilidades (14% nivel 1, 11% nivel 2, 28% nivel 3, 27% nivel 4 y 20% nivel 5) desde un nivel muy incipiente (nivel 1) hasta el nivel en donde son capaces de innovar (nivel 5) con una mayor concentración en los últimos 3 niveles. En el segundo hito de evaluación, muy pocos estudiantes se consideran en los primeros dos niveles y en el último, teniendo una mayor concentración en para los niveles 3 y 4. Esto probablemente se debe a una mejor comprensión de lo que significa estar en el último nivel (Soy capaz de liderar o innovar en).

En particular, para el resultado de aprendizaje Toma de decisiones (2.4.1) en el primer hito de evaluación, un 73% de los estudiantes se consideran en los dos niveles más altos y 67% en la segunda evaluación. Sin embargo, el primer nivel de logro (13%) de la primera evaluación desaparece en el segundo hito. En relación a la Perseverancia y flexibilidad (2.4.2), el 74% de los estudiantes dice estar en los 3 máximos niveles en la primera evaluación lo que aumenta a un 87% en la segunda. En Educación continua (2.4.6) se observa que un 56% de los

estudiantes declara tenerlo desarrollado al nivel 4 ó 5 en el primer hito de evaluación y para la evaluación de 3er. año las respuestas muestran que el 83% de los estudiantes se encuentra a un nivel de entender, explicar e implementar (nivel 3 y nivel 4). Por su parte para el resultado de aprendizaje Ética y responsabilidad social (2.5.1) el 65% declara estar en los máximos niveles en el primer hito de evaluación lo que aumenta en el segundo hito a 84%. La Conducta profesional (2.5.2) obtuvo muy buenos niveles de logro (3, 4 y 5) en ambas evaluaciones con un 87% y 100% respectivamente. Una explicación posible para estos altos niveles de logros es la participación de los estudiantes en: el programa de actividades realizadas en la semana de Inducción a la vida universitaria implementado por el Centro de Acompañamiento al Estudiante (CEADE); la asignatura de Introducción a la Ingeniería Informática que contempla actividades que muestran del rol del ingeniero en la sociedad; el desarrollo de proyectos simples que cubren todas las etapas de modelo CDIO (concebir, diseñar, implementar y operar); y todas las actividades de aprendizaje activo en un contexto real que enfrentan los estudiantes en su itinerario formativo bajo este modelo.

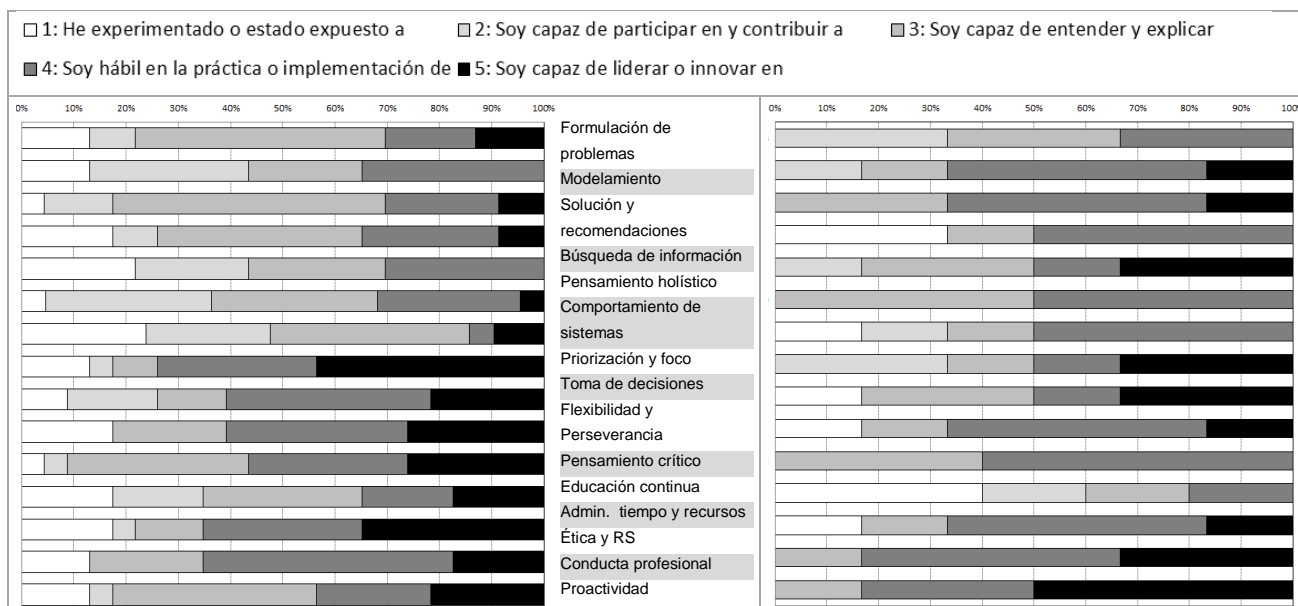


Figura N° 2. Resultados de los niveles de logro de las habilidades personales y profesionales al final del 1er. y 3er. año

La Fig. 3 muestra los resultados de los niveles de logro de las habilidades interpersonales. En general, en el resultado de aprendizaje Trabajo en Equipo (3.1), un 66% se consideraba en los dos máximos niveles de logro en el primer hito evaluativo que al desagregarlo corresponde a un 74% en Equipos efectivos (3.1.2), 57% en Operación de equipos (3.1.3) y un 70% en Liderazgo (3.1.4). En el segundo hito de evaluación estos valores disminuyen a 67%, 33% y 50%, respectivamente lo que se puede explicar porque los estudiantes al final del 3er. año han tenido que lidiar con una mayor cantidad de situaciones propias del trabajo en equipo. En relación a la Comunicación escrita (3.2), un 48% se considera en los dos mayores niveles de logro en la primera evaluación y un 50% en la segunda medición. Similarmente, para la Comunicación multimedia (3.2.4) un 74% para el hito 1 y 67% para el hito 2. Para las Presentaciones orales (3.2.6) se encuentran en los máximos niveles de logro un 61% y 50% en los hitos 1 y 2 respectivamente. Una posible explicación para estas bajas en la segunda evaluación es el

aumento en la complejidad de los productos asociados a dichas habilidades al final del tercer año.

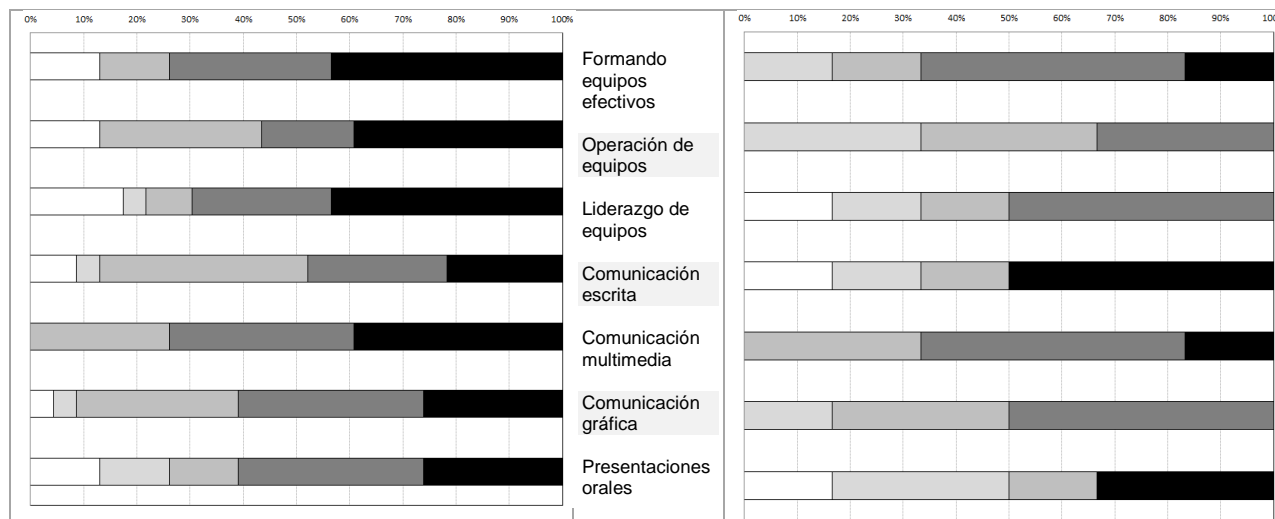


Figura N° 3. Resultados niveles de logro CDIO Habilidades interpersonales: Trabajo en equipo y comunicación para el 1er.año y 3er. año

CONCLUSIONES

Este artículo entrega evidencias del seguimiento del plan de estudios renovado de la Carrera de Ingeniería Civil Informática, asociadas a la percepción de los estudiantes de su nivel de logro en las habilidades personales y profesionales y en las habilidades interpersonales relevantes a su itinerario formativo al final del primer año y al final del tercer año de la Carrera. Esta evaluación complementa las evaluaciones de los resultados de aprendizaje logrados en las asignaturas y nos permite conocer la opinión de los estudiantes respecto a sus aprendizajes. En general, en las habilidades personales y profesionales, se observa una mejor percepción de los niveles de logro en el segundo hito evaluativo, lo que es esperable dado que al final del tercer año los estudiantes se han tenido la oportunidad de desarrollar estas habilidades en varias asignaturas. Sin embargo, en las habilidades interpersonales (trabajo en equipo y comunicación) en el segundo hito evaluativo los estudiantes se perciben en mayor porcentaje en los niveles de logro 3 y 4, disminuyendo en relación a la primera evaluación tanto los porcentajes de los niveles bajos como el porcentaje del nivel 5. Esta baja en el nivel 5 es explicable dado que los estudiantes al final del tercer año tienen una mayor conciencia de sus reales habilidades, luego de haberse expuesto a numerosas actividades de aprendizaje activo en un contexto real.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo es el resultado del trabajo de la comunidad docente en Educación en Ingeniería del Departamento de Ingeniería Informática de la UCSC, apoyado por los proyectos MECESUP USC 0610, FIAC USC 1101 y PM USC 1308.

REFERENCIAS

- Brodeur, D., & Crawley, E. (2005). Program evaluation aligned with the CDIO standards. Proceedings of the ASEE-2005, Portland, Oregon.
- Cárdenas, C., Cepeda, M., Martínez, C., & Muñoz, M. (2012). Modelo de evaluación de actividades curriculares de un plan de estudios basado en resultados de aprendizaje y competencias. Proceedings of XXV Congress of the Chilean Engineering Education Society (SOCHEDI), Antofagasta.
- Cárdenas, C., Martínez, C. & Muñoz, M. (2013). Bringing active learning into engineering curricula: Creating a teaching community. Proceedings of the 9th International CDIO Conference, MIT and Harvard University, Cambridge, MA.
- CDIO (2010a). The CDIO standards v2.0 (with customized rubrics). Recuperado de <http://www.cdio.org/Knowledge-library/documents/cdio-standards-v-20-customized-rubrics>.
- CDIO (2010b). Examples of evidence of compliance with the CDIO Standards. Recuperado de <http://www.cdio.org/knowledge-library/documents/examples-evidence-compliance-cdio-standards-v20>.
- Cea P., Cepeda, M., Gutiérrez, M., & Muñoz, M. (2014). Addressing academic and community needs via a service-learning center. Proceedings of the 10th International CDIO Conference, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Spain.
- Cea, P., Muñoz, M., & González, F. (2015). Aprendizaje-servicio en Ingeniería Civil de la UCSC: Experiencia del curso de topografía. RIDAS, Revista Iberoamericana de Aprendizaje y Servicio, 1, 132-137.
- Crawley, E., Malmqvist, J., Ostlund, S., & Brodeur, D. (2007). Rethinking engineering education: The CDIO approach. Springer Sciences + Business Media LLC, New York.
- Crawley, E., Malmqvist, J., Lucas, W., & Brodeur, D. (2011). The CDIO syllabus v2.0. An updated statement of goals for engineering education. In Proceedings of 7th International CDIO Conference, Copenhagen, Denmark.
- Loyer S., Muñoz, M., Cárdenas, C., Martínez, C., Cepeda, M., & Faúndez, V. (2011). A CDIO approach to curriculum design of five engineering programs at UCSC. Proceedings of the 7th International CDIO Conference, Technical University of Denmark, Copenhagen.
- Loyer, S. (2013). Teaching mechanics for real. A different approach for civil engineers. Proceedings of the 9th International CDIO Conference, MIT and Harvard University, Cambridge, MA.
- Martínez, C., Muñoz, M., Cárdenas, C., & Cepeda, M. (2013). Adopción de la Iniciativa CDIO en los planes de estudio de las carreras de la Facultad de Ingeniería de la UCSC. In 11th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology Cancún, México.
- Martínez, C., & Muñoz, M. (2014). ADTP: An active learning method for a programming lab course. Proceedings of the 10th International CDIO Conference, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Spain.
- Martínez, A., & Cárdenas, C. (2014). A methodological strategy for active learning in multivariate analysis. Proceedings of the 10th International CDIO Conference, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Spain.
- Martínez, C., Muñoz, M., & Cárdenas, C. (2015). A tool for CDIO standards compliance levels monitoring. Proceedings of the 11th International CDIO Conference, Chengdu University of Information Technology, Chengdu, P.R. China.
- Muñoz, M., Martínez, C., Cárdenas, C., & Cepeda, M. (2013). Active learning in first-year engineering courses at Universidad Católica de la Santísima Concepción. Australasian Journal of Engineering Education, 19(1), 27-38.