



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CURSO BASADO EN EL MODELO CURE PARA INTEGRAR DOCENCIA E INVESTIGACIÓN APLICADA EN INGENIERÍA

Brian Keith Norambuena, Universidad Católica del Norte, brian.keith@ucn.cl

Ítalo Donoso Barraza, Universidad Católica del Norte, italo.donoso@ucn.cl

Carolina Rojas Córdova, Universidad Católica del Norte, carojas@ucn.cl

RESUMEN

Este artículo documenta el diseño e implementación de un curso electivo basado en el modelo CURE (Course-based Undergraduate Research Experiences) en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Geológicas de la Universidad Católica del Norte. El curso "Proyecto de Desarrollo Tecnológico" fue diseñado para integrar docencia e investigación aplicada, abordando la tradicional separación entre estas dimensiones en la formación de ingenieros. La implementación durante el primer semestre de 2024 involucró inicialmente 12 estudiantes, con 8 continuando hasta mediados de semestre y 6 completando el curso en 3 proyectos interdisciplinarios. Los indicadores de evaluación docente mostraron 100% de satisfacción en todas las dimensiones evaluadas. Los proyectos desarrollados incluyeron un sistema inteligente para medición de productividad, un modelo de lenguaje especializado para análisis ambiental, y un proceso de recuperación de metales desde baterías de ion-litio. Las lecciones aprendidas incluyen la necesidad de comunicar claramente las expectativas del curso, la importancia del apoyo tutorial personalizado, y los desafíos de implementar proyectos interdisciplinarios. Esta experiencia proporciona un marco de referencia para futuras implementaciones de CUREs en contextos de ingeniería latinoamericana.

PALABRAS CLAVE: CURE, investigación aplicada, educación en ingeniería, desarrollo tecnológico, diseño curricular.

INTRODUCCIÓN

La formación de ingenieros en el siglo XXI requiere el desarrollo de competencias que trascienden el dominio técnico tradicional. El marco CDIO (Concebir, Diseñar, Implementar, Operar) enfatiza que los ingenieros modernos deben ser capaces no solo de aplicar conocimiento existente sino también de crear nuevas soluciones tecnológicas (Crawley et al., 2014). Sin embargo, la estructura tradicional de los programas de ingeniería mantiene una separación marcada entre las actividades de docencia y las de investigación, limitando las oportunidades para que estudiantes de pregrado desarrollen competencias en investigación básica y/o aplicada.

El modelo *Course-based Undergraduate Research Experiences* (CUREs) representa una innovación pedagógica que integra la experiencia investigativa auténtica dentro del currículum regular de pregrado. A diferencia de los cursos de laboratorios tradicionales con resultados



predeterminados o los cursos de proyecto con soluciones conocidas, los CUREs involucran a los estudiantes en investigación real con resultados genuinamente desconocidos (Auchincloss et al., 2014). Este modelo ha demostrado beneficios significativos en contextos internacionales, incluyendo mejoras en retención estudiantil, desarrollo de identidad científica, y preparación para carreras en investigación e innovación (Corwin et al., 2015).

La implementación de CUREs en programas de ingeniería presenta oportunidades y desafíos particulares. Por un lado, la naturaleza aplicada de la ingeniería se alinea naturalmente con el enfoque práctico de los CUREs. Por otro lado, las restricciones de tiempo, recursos, y la necesidad de cumplir con requisitos de acreditación presentan barreras significativas (Lopatto, 2007). En el contexto latinoamericano, estos desafíos se amplifican por limitaciones adicionales de infraestructura y la necesidad de adaptar modelos desarrollados en otros contextos a realidades locales.

Este artículo presenta el diseño e implementación de un curso CURE en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Geológicas (FICG) de la Universidad Católica del Norte (UCN). El objetivo es documentar el proceso de desarrollo del curso, las decisiones de diseño tomadas, los resultados de la implementación piloto, y las lecciones aprendidas que puedan informar futuras iniciativas similares. Esta documentación es particularmente relevante dado el creciente interés en América Latina por modernizar la educación en ingeniería y alinearla con las demandas de innovación del siglo XXI.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

El modelo CURE: principios y características

Los CUREs se fundamentan en cinco características esenciales que los distinguen de otras experiencias educativas (Corwin et al., 2015). Primero, involucran el uso de prácticas científicas o de ingeniería auténticas, donde los estudiantes emplean métodos y herramientas profesionales. Además, se centran en el descubrimiento, trabajando con problemas cuyos resultados son desconocidos tanto para estudiantes como para los profesores. En este contexto, los CUREs abordan preguntas con relevancia más allá del curso, contribuyendo potencialmente al avance del conocimiento en el campo. Por otra parte, promueven la colaboración, replicando las dinámicas de equipos de investigación profesionales, e incorporan la iteración como elemento central, permitiendo que los estudiantes experimenten los ciclos de refinamiento característicos de la investigación y desarrollo tecnológico real.

Estas características se alinean con las teorías constructivistas del aprendizaje, que enfatizan la importancia de la participación activa en la construcción del conocimiento (Vygotsky, 1978). En el contexto de la educación en ingeniería, los CUREs operacionalizan los principios del aprendizaje experiencial de Kolb (1984), proporcionando un ciclo completo de experiencia concreta, observación reflexiva, conceptualización abstracta, y experimentación activa.

Integración de docencia e investigación



XXXVII CONGRESO CHILENO DE EDUCACIÓN EN INGENIERÍA 2025
PROYECCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES EN LA FORMACIÓN EN INGENIERÍA:
LA EDUCACIÓN EN MODALIDAD PRESENCIAL, HÍBRIDA Y VIRTUAL
Concepción, 8 al 10 de octubre 2025

La separación tradicional entre docencia e investigación en educación superior ha sido cuestionada por múltiples autores. Boyer (1990) propuso una visión más integrada de la academia, donde la docencia y la investigación se refuerzan mutuamente. Jenkins y Healey (2005) desarrollaron un marco conceptual para el nexo investigación-docencia, argumentando que el aprendizaje más profundo ocurre cuando los estudiantes participan activamente en la creación de conocimiento.

En ingeniería, esta integración es particularmente relevante dado el énfasis de la disciplina en la resolución de problemas y la innovación. La capacidad de trabajar en la frontera del conocimiento es una competencia esencial para los ingenieros del futuro (National Academy of Engineering, 2004). En este sentido, los CUREs ofrecen un mecanismo para desarrollar esta capacidad desde el pregrado, exponiendo a los estudiantes a la incertidumbre y complejidad inherentes en la práctica investigativa real.

Desarrollo tecnológico en la formación de ingenieros

El desarrollo tecnológico como contexto para el aprendizaje en ingeniería tiene fundamentos sólidos en la literatura educativa. Sheppard et al. (2008) argumentan que los proyectos de diseño y desarrollo son esenciales para que los estudiantes integren conocimientos teóricos con habilidades prácticas. Sin embargo, la mayoría de los cursos de proyecto en ingeniería trabajan con problemas bien definidos y soluciones conocidas, limitando el desarrollo de competencias para la innovación real.

Los CUREs enfocados en desarrollo tecnológico abordan esta limitación al involucrar a los estudiantes en la creación de soluciones genuinamente nuevas. Esta aproximación se alinea con el modelo de *design thinking* que enfatiza la iteración, prototipado, y refinamiento basado en retroalimentación (Brown, 2008). Además, el trabajo en proyectos tecnológicos reales desarrolla las competencias de gestión de proyectos y trabajo interdisciplinario cada vez más valoradas en la industria (ABET, 2019).

DISEÑO DEL CURSO

Contexto institucional y motivación

La FIGG de la UCN identificó la necesidad de fortalecer las competencias investigativas de sus estudiantes de pregrado. Un levantamiento inicial reveló que, aunque existían cursos de proyecto en varios departamentos (Ingeniería Industrial, Ingeniería de Sistemas y Computación, Ingeniería Química y Metalúrgica, y Ciencias Geológicas), estos se enfocaban principalmente en la aplicación de conocimientos existentes más que en la generación de nuevo conocimiento o desarrollo tecnológico original.

El diseño del curso "*Proyecto de Desarrollo Tecnológico*" respondió a esta brecha, estableciendo como objetivo central la integración de docencia e investigación aplicada a través de proyectos de desarrollo tecnológico con resultados desconocidos. El curso se estructuró como electivo global de 5 SCT (Sistema de Créditos Transferibles), equivalente a 127,5 horas de trabajo estudiantil. El curso consistía en un bloque (1,5 horas cronológicas) de cátedra a la



XXXVII CONGRESO CHILENO DE EDUCACIÓN EN INGENIERÍA 2025
PROYECCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES EN LA FORMACIÓN EN INGENIERÍA:
LA EDUCACIÓN EN MODALIDAD PRESENCIAL, HÍBRIDA Y VIRTUAL
Concepción, 8 al 10 de octubre 2025

semana, un bloque de supervisión directa con los tutores a la semana, permitiendo una dedicación suficiente para proyectos sustantivos y 4,5 horas de trabajo autónomo semanal.

Estructura y componentes del curso

El diseño del curso contempló tres fases principales, cada una con objetivos y actividades específicas. La primera fase (semanas 1-4) se dedicó a la formación metodológica y definición de proyectos. Los contenidos incluyeron introducción al método científico aplicado a ingeniería, técnicas de búsqueda y análisis de literatura técnica, metodologías de desarrollo tecnológico, gestión de proyectos de investigación, y consideraciones éticas. Durante esta fase, los académicos de diferentes departamentos presentaron propuestas de proyectos, permitiendo que los estudiantes eligieran según sus intereses.

La segunda fase (semanas 5-12) constituyó el desarrollo iterativo de los proyectos. Esta fase se estructuró con reuniones semanales de seguimiento con tutores, sesiones de trabajo en laboratorio según las necesidades de cada proyecto, documentación continua del proceso, y presentaciones de avance para retroalimentación entre pares. La flexibilidad fue un principio de diseño clave, permitiendo que cada proyecto evolucionara según sus propias necesidades.

La tercera fase (semanas 13-16) se enfocó en la consolidación y comunicación de resultados. Las actividades incluyeron validación de prototipos o resultados, preparación de documentación técnica completa, elaboración de presentaciones para diferentes audiencias, y reflexión sobre el proceso de aprendizaje.

Sistema de evaluación

El sistema de evaluación se diseñó para valorar tanto el proceso como los productos del trabajo investigativo. Los componentes incluyeron informes de avance (30%), presentaciones orales (20%), informe final (30%), y autoevaluación reflexiva (20%). Las rúbricas de evaluación se desarrollaron específicamente para capturar las dimensiones únicas del trabajo investigativo, incluyendo manejo de la incertidumbre, calidad del proceso iterativo, originalidad de las soluciones propuestas, y rigurosidad en la documentación.

RESULTADOS

Caracterización de la implementación

El curso se implementó durante el primer semestre de 2024 con una matrícula inicial de 12 estudiantes provenientes principalmente de *Ingeniería Civil Industrial*, con participación también de otros programas de la FICG. Durante el primer mes, 4 estudiantes abandonaron el curso, pues no se alineaba con sus expectativas de carga académica, quedando solo 8 estudiantes activos. Este grupo se mantuvo hasta la fecha límite de renuncia a asignaturas (fines de mayo), cuando un grupo de 2 estudiantes adicionales se retiraron. Finalmente, 6 estudiantes completaron el curso exitosamente, organizados en 3 equipos de proyecto.

Proyectos desarrollados



Los tres proyectos completados abordaron problemáticas diversas con enfoques tecnológicos innovadores en diferentes disciplinas:

- **Proyecto 1: Sistema inteligente para medición de productividad.** Desarrollado por dos estudiantes con tutoría conjunta del Departamento de Ingeniería Industrial y el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación. El proyecto buscaba integrar el uso de sensores fisiológicos con algoritmos de análisis para correlacionar estados fisiológicos con niveles de productividad en entornos de trabajo.
- **Proyecto 2: Modelo de lenguaje especializado para análisis ambiental de suelos.** Desarrollado por un estudiante con tutoría del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación y apoyo del Departamento de Ingeniería Química y Medio Ambiente. El proyecto buscaba adaptar tecnologías de procesamiento de lenguaje natural para automatizar la generación de reportes de análisis geoquímicos.
- **Proyecto 3: Recuperación de metales valiosos desde lixiviados de baterías de ion-litio.** Desarrollado por tres estudiantes con tutoría del Departamento de Ingeniería Química. El proyecto consistió en un análisis comparativo de tecnologías de separación y purificación para recuperar litio y otros metales críticos de baterías usadas, evaluando métodos hidrometalúrgicos como extracción por solventes, precipitación química y electrodiálisis.

Indicadores de desempeño del curso

La evaluación docente institucional aplicada al final del curso mostró resultados notables, con 100% de satisfacción en todas las dimensiones evaluadas: aspectos administrativos, integración TIC en ambientes de aprendizaje, capitalización de experiencia y contexto en enseñanza, respeto por la dignidad de las personas, diseño de experiencias de aprendizaje, implementación del proceso enseñanza-aprendizaje, y construcción de estrategias pedagógicas.

Las autoevaluaciones estudiantiles, utilizando una escala de 1 a 7, mostraron promedios individuales entre 6.71 y 7.0. Todos los estudiantes otorgaron la calificación máxima (7.0) al criterio *"Me siento más preparado/a para futuros proyectos de investigación o estudios de posgrado"*, sugiriendo un impacto significativo en la preparación para actividades investigativas futuras.

Reflexiones estudiantiles documentadas

Las reflexiones escritas de los estudiantes proporcionaron retroalimentación valiosa sobre la experiencia del curso. Un estudiante señaló: *"El curso me gustó bastante, la verdad siempre busqué un ramo así. Pensaba que los ramos de proyecto en nuestra carrera serían de esta forma, pero nunca lo fueron; usualmente se trataba de aplicar materias y no de investigar o añadir una propuesta de valor."* Esta observación refleja una demanda no satisfecha por experiencias de investigación auténtica en el currículum.



Otro estudiante comentó sobre la naturaleza desafiante pero gratificante del curso: *"Fue una experiencia única, el curso fue de mi agrado y pude desempeñar habilidades que había pasado tiempo que no empleaba, fue muy divertido y satisfactorio a pesar de que se volvió muy demandante en cierto punto."* La tensión entre demanda y satisfacción fue un tema recurrente en las reflexiones.

La importancia del apoyo tutorial fue destacada consistentemente: *"el constante acompañamiento y disposición de los tutores fue clave para resolver dudas y avanzar con mayor seguridad durante el desarrollo del curso."* Este factor emergió como crítico para el éxito estudiantil en un contexto de alta incertidumbre.

Desafíos identificados durante la implementación

La implementación reveló varios desafíos significativos. La reducción de 12 a 6 estudiantes sugiere dificultades en la comunicación inicial de expectativas y la naturaleza demandante del curso. La coordinación interdepartamental para proyectos que involucraban múltiples unidades académicas presentó complejidades logísticas no anticipadas. La gestión del tiempo emergió como un desafío tanto para estudiantes como instructores, dado que los proyectos de investigación real no siguen cronogramas lineales predecibles.

DISCUSIÓN

Alineación con la literatura sobre CUREs

Los resultados de esta implementación se alinean consistentemente con la literatura internacional sobre CUREs. El alto nivel de satisfacción estudiantil y el desarrollo percibido de competencias investigativas coinciden con los hallazgos de Corwin et al. (2018), quienes documentaron beneficios similares en múltiples contextos institucionales. La tensión entre la demanda del curso y la satisfacción estudiantil refleja lo que Laursen et al. (2010) describen como "dificultad productiva". Estos desafíos, aunque estresantes, resultan en aprendizaje profundo por parte de los estudiantes.

La deserción observada, aunque significativa, no es inusual en cursos que replican auténticamente la experiencia investigativa. Thiry et al. (2012) reportan patrones similares en programas de investigación de pregrado, sugiriendo que cierto nivel de auto-selección es esperado cuando los estudiantes confrontan las realidades de la investigación. Sin embargo, la magnitud de la deserción en nuestro caso sugiere oportunidades para mejorar la preparación y orientación inicial de los estudiantes.

Implicaciones para el diseño curricular en ingeniería

La experiencia documentada tiene implicaciones importantes para el diseño curricular en programas de ingeniería. Primero, demuestra la viabilidad de integrar experiencias investigativas auténticas dentro de las restricciones de un curso semestral. Esto desafía la noción común de que la investigación significativa requiere compromisos de tiempo más extensos (Healey & Jenkins, 2009).



XXXVII CONGRESO CHILENO DE EDUCACIÓN EN INGENIERÍA 2025
PROYECCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES EN LA FORMACIÓN EN INGENIERÍA:
LA EDUCACIÓN EN MODALIDAD PRESENCIAL, HÍBRIDA Y VIRTUAL
Concepción, 8 al 10 de octubre 2025

Segundo, la naturaleza interdisciplinaria de los proyectos refleja la realidad de la práctica ingenieril moderna, donde los problemas raramente respetan límites disciplinarios (National Academy of Engineering, 2004). El diseño del curso facilitó colaboraciones entre departamentos que típicamente operan en silos, modelando el tipo de trabajo integrado que la industria valora.

Tercero, el enfoque en desarrollo tecnológico con resultados desconocidos aborda directamente la crítica de que la educación en ingeniería es excesivamente teórica y desconectada de la práctica innovadora (Sheppard et al., 2008). Los estudiantes no solo aplicaron conocimiento existente, sino que crearon soluciones nuevas, desarrollando la mentalidad innovadora esencial para el siglo XXI.

Sostenibilidad y escalabilidad del modelo

La sostenibilidad del modelo CURE implementado requiere consideración cuidadosa de múltiples factores. Graham (2018) identifica el apoyo institucional sostenido como el factor más crítico para el éxito a largo plazo de innovaciones educativas en ingeniería. En nuestro contexto, esto implica asegurar financiamiento continuo para apoyo de ayudantes, reconocimiento apropiado de la carga docente adicional, y mantenimiento del acceso a infraestructura de investigación.

La escalabilidad presenta desafíos adicionales. Mientras que el modelo actual con 6 estudiantes permitió atención personalizada, escalar a números mayores requerirá adaptaciones. Las estrategias potenciales incluyen el modelo de "*research streams*" implementado en University of Texas Austin (Beckham et al., 2015), donde múltiples estudiantes trabajan en diferentes aspectos de un programa de investigación más amplio, o el enfoque de "*vertically integrated projects*" donde estudiantes de diferentes niveles colaboran (Sonnenberg-Klein et al., 2017).

Adaptaciones para el contexto latinoamericano

La implementación en el contexto chileno/latinoamericano requirió adaptaciones específicas no siempre explícitas en la literatura predominantemente norteamericana y europea sobre CUREs. Sin embargo, estas adaptaciones también revelaron fortalezas únicas del contexto local. La escala más pequeña facilitó relaciones mentor-estudiante más cercanas. La necesidad de resolver problemas locales relevantes (como la recuperación de litio de baterías o el modelamiento de contaminación de suelos en una región minera) proporcionó motivación adicional y relevancia clara. Estas observaciones sugieren que los CUREs pueden no solo adaptarse sino prosperar en contextos latinoamericanos cuando se diseñan considerando realidades locales (Feldman et al., 2013).

Lecciones para futuras implementaciones

Las lecciones aprendidas de esta implementación piloto informan recomendaciones específicas para futuras iteraciones. Primero, la comunicación de expectativas debe ser más explícita y comenzar antes del período de inscripción. Esto podría incluir sesiones informativas obligatorias y materiales que claramente articulen la naturaleza y demandas del curso. Segundo, el establecimiento de prerequisites o procesos de selección podría ayudar a asegurar que los



XXXVII CONGRESO CHILENO DE EDUCACIÓN EN INGENIERÍA 2025
PROYECCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES EN LA FORMACIÓN EN INGENIERÍA:
LA EDUCACIÓN EN MODALIDAD PRESENCIAL, HÍBRIDA Y VIRTUAL
Concepción, 8 al 10 de octubre 2025

estudiantes estén adecuadamente preparados para los desafíos del curso (Rowland et al., 2012).

Se debe notar que, mientras un único instructor principal coordinó este curso piloto con apoyo de ayudantes, la expansión futura requerirá múltiples facultades preparadas para facilitar experiencias investigativas. Esto implica inversión en desarrollo profesional docente, un factor crítico identificado por Shortlidge y Brownell (2016) para el éxito de CUREs.

Por otra parte, la documentación sistemática de procesos y resultados debe institucionalizarse desde el inicio. Esto no solo facilita la mejora continua, sino que también proporciona evidencia para justificar la inversión institucional continuada. Como argumentan Auchincloss et al. (2014), la evaluación rigurosa es esencial para la legitimidad y sostenibilidad de innovaciones educativas como los CUREs.

CONCLUSIONES

El diseño e implementación del curso "*Proyecto de Desarrollo Tecnológico*" como un CURE en la FICG de la UCN demuestra la viabilidad y valor de integrar experiencias investigativas auténticas en programas de ingeniería de pregrado. A pesar de los desafíos enfrentados, incluyendo deserción significativa y complejidades de coordinación interdepartamental, los estudiantes que completaron el curso reportaron alta satisfacción y desarrollo significativo de competencias investigativas.

Los tres proyectos tecnológicos completados (sistema de medición de productividad, modelo de lenguaje para análisis ambiental, y análisis de procesos de recuperación de metales de baterías) ejemplifican el potencial de estudiantes de pregrado para contribuir a la innovación tecnológica cuando se les proporciona el marco y apoyo apropiados. Estos resultados tangibles distinguen la experiencia CURE de cursos de proyecto tradicionales y validan el modelo como vehículo para desarrollar las competencias de innovación que la industria moderna demanda.

Las lecciones aprendidas de esta implementación piloto proporcionan una base sólida para el refinamiento y expansión futura del modelo. La próxima oferta planificada para 2026 incorporará mejoras en comunicación de expectativas, procesos de selección, y apoyo estructurado durante períodos críticos. Más ampliamente, esta experiencia contribuye al creciente cuerpo de evidencia sobre la adaptación exitosa de CUREs a contextos diversos, incluyendo las realidades específicas de la educación en ingeniería en América Latina.

La integración de docencia e investigación a través de CUREs representa más que una innovación pedagógica; constituye un replanteamiento fundamental de cómo preparamos ingenieros para los desafíos del siglo XXI. En un mundo que demanda no solo competencia técnica, sino capacidad de innovación, los CUREs ofrecen un camino para desarrollar ambas simultáneamente. Como expresó un estudiante participante: "siempre busqué un ramo así" - una simple declaración que captura la demanda latente por experiencias educativas que honren la creatividad y capacidad investigativa de los estudiantes de ingeniería.



XXXVII CONGRESO CHILENO DE EDUCACIÓN EN INGENIERÍA 2025
PROYECCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES EN LA FORMACIÓN EN INGENIERÍA:
LA EDUCACIÓN EN MODALIDAD PRESENCIAL, HÍBRIDA Y VIRTUAL
Concepción, 8 al 10 de octubre 2025

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido apoyado por el Fondo de Desarrollo de Proyectos Docentes de Pregrado 2024 (FDPD 2024) de la Universidad Católica del Norte.

REFERENCIAS

ABET. (2019). Criteria for accrediting engineering programs, 2020-2021. ABET.

Auchincloss, L. C., Laursen, S. L., Branchaw, J. L., Eagan, K., Graham, M., Hanauer, D. I., ... & Dolan, E. L. (2014). Assessment of course-based undergraduate research experiences: A meeting report. *CBE—Life Sciences Education*, 13(1), 29-40.

Beckham, J. T., Simmons, S., Stovall, G. M., & Farre, J. (2015). The freshman research initiative as a model for addressing shortages and disparities in STEM engagement. In Peterson, M. A. (Ed.), *Directions for mathematics research experience for undergraduates* (pp. 181-212). World Scientific.

Boyer, E. L. (1990). *Scholarship reconsidered: Priorities of the professoriate*. Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching.

Brown, T. (2008). Design thinking. *Harvard Business Review*, 86(6), 84-92.

Corwin, L. A., Graham, M. J., & Dolan, E. L. (2015). Modeling course-based undergraduate research experiences: An agenda for future research and evaluation. *CBE—Life Sciences Education*, 14(1), es1.

Corwin, L. A., Runyon, C. R., Ghanem, E., Sandy, M., Clark, G., Palmer, G. C., ... & Dolan, E. L. (2018). Effects of discovery, iteration, and collaboration in laboratory courses on undergraduates' research career intentions fully mediated by student ownership. *CBE—Life Sciences Education*, 17(2), ar20.

Crawley, E. F., Malmqvist, J., Östlund, S., Brodeur, D. R., & Edström, K. (2014). *Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach*. Springer Science & Business Media.

Feldman, A., Divoll, K. A., & Rogan-Klyve, A. (2013). Becoming researchers: The participation of undergraduate and graduate students in scientific research groups. *Science Education*, 97(2), 218-243.

Graham, R. (2018). *The global state of the art in engineering education*. Massachusetts Institute of Technology.

Healey, M., & Jenkins, A. (2009). *Developing undergraduate research and inquiry*. Higher Education Academy.

Jenkins, A., & Healey, M. (2005). *Institutional strategies to link teaching and research*. Higher Education Academy.



XXXVII CONGRESO CHILENO DE EDUCACIÓN EN INGENIERÍA 2025
PROYECCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES EN LA FORMACIÓN EN INGENIERÍA:
LA EDUCACIÓN EN MODALIDAD PRESENCIAL, HÍBRIDA Y VIRTUAL
Concepción, 8 al 10 de octubre 2025

Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice Hall.

Laursen, S., Hunter, A. B., Seymour, E., Thiry, H., & Melton, G. (2010). *Undergraduate research in the sciences: Engaging students in real science*. Jossey-Bass.

Lopatto, D. (2007). Undergraduate research experiences support science career decisions and active learning. *CBE—Life Sciences Education*, 6(4), 297-306.

National Academy of Engineering. (2004). *The engineer of 2020: Visions of engineering in the new century*. National Academies Press.

Rowland, S. L., Lawrie, G. A., Behrendorff, J. B., & Gillam, E. M. (2012). Is the undergraduate research experience (URE) always best?: The power of choice in a bifurcated practical stream for a large introductory biochemistry class. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 40(1), 46-62.

Sheppard, S., Macatangay, K., Colby, A., & Sullivan, W. M. (2008). *Educating engineers: Designing for the future of the field*. Jossey-Bass.

Shortlidge, E. E., & Brownell, S. E. (2016). How to assess your CURE: A practical guide for instructors of course-based undergraduate research experiences. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 17(3), 399-408.

Sonnenberg-Klein, J., Abler, R., Coyle, E. J., & Garcia-Bravo, J. (2017). Vertically integrated projects (VIP) programs: Multidisciplinary projects with homes in any discipline. In *Proceedings of the 2018 ASEE Annual Conference & Exposition*.

Thiry, H., Weston, T. J., Laursen, S. L., & Hunter, A. B. (2012). The benefits of multi-year research experiences: Differences in novice and experienced students' reported gains from undergraduate research. *CBE—Life Sciences Education*, 11(3), 260-272.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.