

Implementación de metodología de clínicas de ingeniería en la carrera de ingeniería industrial

Roberto Fernando Jiménez-Ramírez ^a, Pablo Andrés Guicharrousse Luza ^b & Jorge Jonathan Díaz Ramírez ^c

^{a, b, c} Facultad de Ingeniería, Universidad de Tarapacá, Arica, Chile.

rjimenez@academicos.uta.cl, robjim@gmail.com, pguichar@academicos.uta.cl

Resumen— El diseño curricular de ingeniería industrial contempla prácticas, sin embargo, la formación actual de los ingenieros requiere mayor cantidad de trabajo práctico. Este trabajo de investigación realiza una aplicación experimental de la metodología de clínicas de ingeniería. En esta metodología los estudiantes son actores centrales en la solución de problemas reales, partiendo de un diseño y concluyendo en un producto real. La metodología se aplicó al Taller de Integración de Conocimientos. Cada año los estudiantes logran resolver el desafío propuesto y llegar a productos finales útiles. Se obtuvo, mediante un cuestionario, que los estudiantes se manifestaron satisfechos o muy satisfechos en un 87% con la metodología y en un 90% recomendarían su aplicación en otras asignaturas. Los estudiantes también califican el curso como altamente útil para lograr competencias transversales tales como: trabajo en equipo, comunicación oral y escrita, y uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicaciones (TICs).

Palabras claves - clínicas de ingeniería, aprendizaje basado en proyectos, metodologías de aprendizaje.

Recibido: 12 de enero del 2021. Revisado: 24 de enero del 2021. Aceptado: 5 de marzo del 2021.

Implementation of Engineering Clinics methodology in the Industrial Engineering study program

Abstract— The curricular design of Industrial Engineering includes practices; however, the current training of engineers requires even more practical work. In this research project an experimental application of the Engineering Clinics methodology is carried out. In this methodology, students are the main actors in solving real problems, starting from a design, and ending in a real product. The methodology was applied to the Knowledge Integration Workshop. Each year the students manage to solve the proposed challenge and come up with useful final products. By means of a questionnaire, determined that 87% of the students are satisfied or very satisfied with the methodology used and in 90% they would recommend applying it in other subjects. Students also make the course is especially useful to achieve of transversal skills in teamwork, oral and written communication, and the use of the information and communications technologies (ICTs).

Keywords—engineering clinic, project based learning, learning methodologies

1 Introducción

Es evidente que el profesional de la ingeniería contribuye al mejoramiento de la calidad de vida de las personas con su trabajo, la que además de desarrollarse de la mano de las tecnologías, se desarrolla también en relación con otras personas, que pueden ser clientes, trabajadores de la misma empresa, e incluso la sociedad toda, lo que implica una

formación que va más allá de la “tecnología por la tecnología” [1], [2].

Las escuelas de ingeniería tienen el desafío de formar ingenieros para afrontar un mundo cambiante y extremadamente dinámico [3], [4], [5], [6]. Concluido su plan de formación, los ingenieros deben estar capacitados para desenvolverse en un ambiente globalizado, afrontar sistemas complejos a todos los niveles [7], y poseer un fuerte desarrollo ético-profesional [8].

Las empresas, organizaciones y la sociedad demandan ingenieros que posean competencias y habilidades específicas tales como trabajo en equipo [9], resolución de conflictos, liderazgo, capacidad de negociación, comunicación eficaz [10], toma de decisiones efectiva [11], [12], [13] y un compromiso con el aprendizaje a lo largo de la vida [14], [15].

Los ingenieros deben estar preparados para resolver problemas reales con eficacia al momento de egresar de la universidad. Es así como escuelas de ingeniería como Harvey Mudd College [16], [17], University of Colorado [18], Claremont California, Olin College [19] y Rowan University [20], [21] han aplicado con éxito metodologías que permiten a los estudiantes enfrentar la resolución de problemas reales durante su proceso de formación. En Harvey Mudd College desde hace tres décadas ha ofrecido una educación interdisciplinaria con fuerte énfasis en diseño y experiencias de los estudiantes trabajando en equipos con industriales auspiciadores de “Clínicas de ingeniería” para el desarrollo de proyectos [16], [22].

Las facultades de ingeniería del norte de Chile, de Arica a Atacama, trabajaron en conjunto proyectos de rediseño curricular e incorporación de nuevas metodologías de enseñanza-aprendizaje. Es así como se llega a conocer la metodología de clínicas de ingeniería, que es poco aplicada en Chile, por lo que se tiene escaso conocimiento a nivel nacional de sus ventajas, pero dado los buenos resultados alcanzados por décadas en instituciones norteamericanas como Harvey Mudd College y Rowan University, algunas Facultades de Ingeniería del Norte de Chile se motivaron para experimentar su aplicación.

Es así como las primeras aplicaciones se llevaron a cabo en la Universidad Arturo Prat de Iquique en la carrera de ingeniería civil industrial entre los años 2010 a 2012. En esta

fase experimental la metodología se aplicó en asignaturas electivas que existían en la malla curricular. Las primeras aplicaciones tuvieron un marco de trabajo restringido, ya que se aplicó a una sola carrera, lo que no permitió el trabajo multidisciplinario, pero si se logró trabajar en problemas reales que presentaron empresarios o jefes de unidades.

Actualmente en la Universidad de Tarapacá, sede Iquique, se ha continuado investigando con el propósito de innovar y ampliar la base de conocimiento en la metodología de clínicas de ingeniería. Actualmente están en desarrollo nuevos estudios bajo la modalidad de proyectos de investigación en educación UTA 2014, donde se ha planteado alcanzar los siguientes resultados: diseño, programa y planes de implementación que permitan replicar la metodología en otras unidades de la universidad o en otras instituciones de educación superior; aplicar la metodología de clínicas de ingeniería en tres carreras de ingeniería; en una prueba piloto, en un trabajo multidisciplinario desarrollar instrumentos que permitan la evaluación del grado de logro de las competencias por parte de los estudiantes; aplicar instrumentos validados para medir el grado de satisfacción percibido por los estudiantes, y por último, disponer de una metodología innovadora donde los estudiantes tengan la posibilidad de aplicar y demostrar sus competencias y habilidades.

Dado lo anterior, el objetivo de este trabajo es mostrar los avances en la aplicación de una nueva metodología denominada clínicas de ingeniería en las carreras de ingeniería, en Iquique, Universidad de Tarapacá, Chile. Esta propuesta innova en el proceso de enseñanza-aprendizaje, incorporando una metodología en que los estudiantes de Ingeniería son actores centrales en la solución de problemas reales de una empresa [21]. [27]. Adicionalmente, pero no menos importante, la aplicación de la metodología clínicas de ingeniería pretende disminuir la brecha en la cantidad de horas prácticas que los estudiantes desarrollan durante su periodo de formación.

2 Determinación de las condiciones administrativas y académicas

Para alcanzar una real ganancia educativa en los estudiantes de ingeniería con la aplicación de la metodología de clínicas de ingeniería se debe conjugar: el rol que ejerce el docente, el diseño de los planes de estudios [23] y las metodologías de enseñanza aprendizaje empleadas [24], [25], [26]. Curricularmente la carrera tiene en su diseñado varios cursos en que se desarrollan proyectos: Introducción a la Ingeniería Industrial, Taller de Ingeniería Industrial, Taller de Integración de Conocimientos, Sistemas de Información Administrativa, Gestión de Operaciones I y II, y Preparación y Evaluación de Proyectos. Realizado el estudio del currículo para la carrera de ingeniería civil industrial, en su última versión del año 2013, se determinó que en las asignaturas mencionadas en el párrafo anterior es posible aplicar la metodología de clínicas para ingeniería, ya que en ellas se contempla el desarrollo de proyectos, ya sea en algunos capítulos o en el total del curso, siendo factible la aplicación de la metodología de clínicas de ingeniería en forma parcial o total (ver Tabla 1).

Tabla 1
Asignaturas que utilizan proyectos como metodología de enseñanza aprendizaje

Asignatura	Semestre Académico	Aplicación Parcial	Aplicación Total
Introducción a la Ingeniería Industrial	1	X	
Taller de Ingeniería Industrial	2		X
Gestión de Empresas	3	X	
Taller de Integración de Conocimientos	6		X
Gestión de Operaciones I	7	X	
Sistemas de Información Administrativa	8	X	
Preparación y Evaluación de Proyectos de Ingeniería Industrial	8		X
Gestión de Operaciones II	9	X	

Fuente: Elaboración propia

3 Implementación de la metodología de clínicas de ingeniería

El diseño original de la metodología de clínicas de ingeniería tiene su base en lo que realizan médicos o enfermeras en Hospitales y Clínicas, de ahí su nombre, ellos trabajan sobre problemas reales. La metodología original de clínicas de ingeniería diseñada en Harvey Mudd College, consiste en trabajar en cursos de ingeniería, en que los estudiantes conforman equipos multidisciplinario de 4 a 5 estudiantes, los equipos trabajan sobre el diseño y desarrollo de proyectos profesionales para clientes de la industria, gobierno o comunidad, los clientes ofrecen problemas reales a los equipos de estudiantes. Para alcanzar las metas cada estudiante trabaja un promedio de 10 horas por semana por proyecto, los clientes o auspiciadores tienen contacto con los miembros del equipo en forma regular para aclarar dudas y dar orientación. Además, los estudiantes reciben un pago en dinero por parte de los auspiciadores. El objetivo de la metodología es producir un resultado útil, un producto, sobre un proyecto autentico de principio a fin, para la satisfacción de los clientes dentro de las restricciones de tiempo y presupuesto.

Los estudiantes hacen el trabajo, la facultad conduce, entrena y evalúa; los clientes informan, guían y aceptan o rechazan los resultados. Algunas de las metas a alcanzar por los estudiantes con el uso de las clínicas de ingeniería son: adquirir experiencia por la naturaleza, demanda y diversificación de los problemas del mundo real; desarrollar liderazgo y trabajo en equipo; incrementar la comprensión de los procesos de diseño de ingeniería; aumentar las habilidades de los estudiantes para aplicar materiales reales y mejorar la percepción del mundo real.

Basados en los objetivos educacionales de las distintas asignaturas de la carrera ingeniería civil industrial en la Universidad Tarapacá, se determinó realizar la aplicación en dos cursos: en un curso de primer año, Taller de ingeniería

industrial (2 horas por semana) y en un curso de tercer año, Taller de integración de conocimientos (8 horas por semana). En el primer curso se les ofrece a los estudiantes un problema real, pero de baja complejidad, de fácil solución (ver Tabla2), donde trabajan en grupos de 4 a 5 estudiantes. El propósito es que conozcan la metodología e inicien el desarrollo de algunas de las competencias transversales comprometidas en el modelo educativo institucional.

Por su parte, en el curso Taller de Integración de Conocimientos se aplica en plenitud la metodología, se entrega a los estudiantes un problema real, de alguna empresa o de la comunidad. Su trabajo parte desde cero, deben investigar y definir el problema, ofrecer alternativas de solución, planificar el trabajo que sería necesario llevar a cabo, fijar una programación, y realizar reportes ejecutivos semanales, tanto oral como escrito. Su trabajo semanal es de 8 horas presenciales y 2 a 4 horas extra-aula, en total 10 a 12 horas semanales de trabajo en el proyecto.

Una variante con la aplicación en Harvey Mudd College es que los estudiantes no reciben remuneración por su trabajo. Una exigencia es que los estudiantes deben establecer contacto con fabricantes que tengan relación con el producto que están formulando o con proveedores de los equipos que sería necesario utilizar para la fabricación a nivel industrial del producto. El profesor del curso y los ingenieros colaboradores del proyecto corrigen o realizan solicitudes de cambios o establecen nuevos requerimientos. Los estudiantes investigan, analizan, estudian y ofrecen propuestas. Una vez alcanzado un acuerdo entre las partes, se sigue con la siguiente etapa de desarrollo del proyecto, llegando finalmente a la construcción de un prototipo útil, que dé solución al problema planteado inicialmente. Los estudiantes tienen algunas limitaciones, deben emplear en primera instancia materiales que han sido desechados, deben darles un nuevo uso, reciclarlos y, por último, solo si no tienen algún material en esa categoría deben comprar en el mercado. Los instrumentos requeridos para medir alguna variable son proporcionados por la universidad, auspiciadores u otros.

4 Diseño de una clínica de ingeniería experimental para la aplicación piloto

Existiendo tres asignaturas en que se puede realizar la aplicación de la metodología clínicas de ingeniería de forma total (Tabla 1), se resuelve llevar a cabo la experiencia en la asignatura de Taller de Integración de Conocimientos, porque además de considerar un proyecto como base de su proceso de enseñanza aprendizaje, es una asignatura creada específicamente para medir el progreso de los estudiantes en sus competencias y habilidades, tanto transversales como específicas.

El Taller de Integración de Conocimiento es una asignatura que tiene como objetivo central que los estudiantes logren

adquirir competencias para integrar la teoría y la práctica. En ella se plantean y resuelven problemas técnicos prácticos a través del planteamiento del desarrollo de procesos productivos, con énfasis en el trabajo en equipo y coordinación de esfuerzos entre pares. También se busca el desarrollo de habilidades prácticas, integrando conocimientos y procedimientos típicamente profesionales, a través de actividades realizadas en el campo laboral. Además, se desea que los estudiantes desarrollen habilidades inherentes a la responsabilidad, liderazgo y comunicación interpersonal efectiva. Considerando lo anterior, se puede ver que los objetivos que tiene la asignatura Taller de Integración de Conocimientos se ajustan en más de un 90 % a los objetivos que tiene la metodología de clínicas de ingeniería, no requiriendo mayores ajustes para su aplicación. Lo anterior se visualiza en Tabla 3.

5 Estructura de la asignatura con aplicación de la metodología clínicas de ingeniería

Los equipos de estudiantes reciben un problema-desafío, la información que reciben es muy básica, su misión es lograr generar los datos e información necesaria para resolver el desafío de producir un producto útil al final del proyecto. Todos los proyectos se basan en construir un piloto funcional del proceso que resuelve el problema planteado, deben investigar en primera instancia que alternativas de procesos existen, luego deben analizar la viabilidad de llevar a cabo cada alternativa, considerando costos, disponibilidad de materiales, instrumentos de medición y herramientas. Luego deben realizar el diseño para la construcción del piloto funcional, deben realizar la planificación de la operación del piloto con el fin determinar las variables a controlar y que instrumentos se van a requerir para el monitoreo de las variables críticas del proceso en estudio. Con la operación del piloto se determinan las variables de proceso a controlar, con estos datos e información obtenidos de la construcción y operación del piloto se realiza el diseño del escalamiento a requerimiento de un usuario local, deben realizar los cálculos de ingeniería preliminar, inversión requerida a partir de los requerimientos de la demanda de mercado establecida por el usuario. En la Tabla N°4 se entrega una muestra representativa de los proyectos desarrollados a partir del 2017.

6 Evaluación del aprendizaje

Las evaluaciones establecidas en las primeras experiencias piloto se centraron en que los estudiantes informaran vía un informe escrito y una presentación oral. El informe escrito se dividió en dos etapas, uno de medio término y otro al final del curso. Las actividades de evaluación han evolucionado en la medida que se adquiere experiencia con la aplicación de la metodología.

Tabla 2

Ejemplos de Problemas ofrecidos en el curso de Taller de Ingeniería Industrial

Problema	Estructura de trabajo	Solución, producto final
Las personas en situación de calle no desean abandonar esa condición y sufren de mucho frío a la intemperie.	El curso se divide en equipos. Cada grupo de estudiantes se hacen asesorar por profesionales de Trabajo Social con el propósito de conocer la realidad que viven las personas en situación de calle, los homeless. Realizan entrevistas y pueden conocer el origen de porqué se encuentran en esa condición y cuáles son sus anhelos.	Transformación de un carro de supermercado que permite desplegar una cama aislada, para proteger a una persona en situación de calle de la humedad y las bajas temperaturas.
Las personas se hieren las manos al extraer con un cuchillo los cuescos de paltas.	El curso se divide en varios equipos, que trabajan en una primera etapa de dos semanas en forma independiente, los diferentes equipos no conocen el trabajo que están desarrollando los demás equipos. Luego se reúne el grupo curso y los equipos dan a conocer sus prototipos y desarrollos. Los demás equipos les dan sugerencias de mejoras. Cada equipo recoge esas sugerencias y las incorpora al prototipo final.	Se generaron alrededor de 10 herramientas, de diferentes diseños y materiales, que permiten extraer el cuesco de la palta sin correr riesgo de corte por manipulación de un cuchillo.
El tráfico en la ciudad es muy lento con muchas interrupciones en su circulación.	El curso se divide en varios equipos y se les asigna una zona de la ciudad. Trabajan por dos semanas levantando información de campo como; infraestructura, señaléticas, diseño vial, comportamiento de peatones y automovilistas y otros. Luego de las dos semanas se realiza un informe oral de los hallazgos, los grupos intercambian métodos trabajo y comparten información. Luego realizan el diseño final en las semanas siguientes, si requieren más información nuevamente salen a trabajo de campo.	Se presentan maquetas, por cada equipo, en donde se señalan los problemas detectados y se ofrecen soluciones. Algunos de los problemas detectados son: vehículos mal estacionados, vehículos abandonados en la vía pública, señalética mal instalada, señalética no actualizada, semáforos no sincronizados, diseño de vías desactualizada, comportamiento de peatones y automovilistas no cumpliendo con las normas urbanas. Para cada uno de estos problemas se entregan soluciones.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3

Cuadro comparativo de objetivos de la metodología y de la asignatura Taller de Integración de Conocimientos.

Ítems	Objetivo de la Metodología Clínica de Ingeniería	Objetivos de la Asignatura Taller de Integración Conocimientos
Competencias para integrar la teoría y la práctica	√	√
Competencias para el planteamiento de procesos productivos	√	√
Habilidades de coordinación de esfuerzos entre pares	√	√
Desarrollar habilidades prácticas, para la aplicación de distintos materiales	√	√
integrar conocimientos y procedimientos en el quehacer profesional	√	√
Habilidades de responsabilidad	√	√
Habilidades de Liderazgo y Trabajo en Equipo	√	√
Habilidades de comunicación interpersonal efectiva	√	√
Competencias para solucionar un problema del mundo real	√	√
Habilidad de solucionar un problema real, integrando saberes de otras disciplinas	√	
Competencias respecto a patentamiento y propiedad intelectual e industrial	√	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4

Ejemplos de Problemas propuestos en el curso de Taller de Integración de Conocimientos

Problema	Solución
Crema anti-acné:	Producir crema antiacné a partir de licopeno extraído de tomate.
Paneles aislantes térmico:	Producir a partir de desecho de fibra textil paneles térmicos para ser usados en aislación de viviendas.
Producción de tomates cherry:	Cultivar hortalizas utilizando la técnica aeropónica.
Purificación de agua para consumo humano:	Producir agua purificada para consumo humano utilizando para ello energía solar
Combustible:	Producción de biogás a partir de guano animal.
Madera de Olivo:	Producción de madera tratada a partir de desechos de árboles de olivo.
Reciclaje de baterías de automóviles:	Procesar las baterías de automóviles de desecho para reutilizar sus componentes como materia prima para otros procesos, por ejemplo, el plomo.
Reciclaje de Polipropileno:	Extraer el polipropileno presente en la tela de los maxi sacos.
Procesamiento de aguas grises:	Purificar el agua gris jabonosa proveniente del lavado de ropas casero.
Compostaje de materia orgánica:	Utilizando los desechos orgánicos del terminal agropecuario se produce compost.
Microalgas Espirulina:	Producción de suplementos alimenticios a partir de la microalga espirulina.

Fuente: Elaboración propia

Actualmente las evaluaciones en la asignatura de Taller de Integración de Conocimiento corresponden a informes ejecutivos semanales del avance del proyecto, y una presentación oral de 5 minutos al final de cada sesión. La Facultad de Ingeniería ha desarrollado un set de rúbricas que comprenden, medición de competencias transversales de Habilidades Comunicativas (Oral y Escrita), Trabajo en Equipo, Uso de Tecnologías de Información, Gestión del Conocimiento, Autogestión e Innovación y Compromiso Social. Estas rúbricas son los instrumentos en aplicación actualmente. Además, se aplica una encuesta de satisfacción al término del curso. Todo esto ha permitido recibir información del conocimiento y percepción de los estudiantes de los procesos de diseño de ingeniería. También se ha medido la satisfacción de los estudiantes respecto a la percepción que logran de su aprendizaje, al integrar los aspectos teórico y práctico; el trabajo en equipo con sus compañeros, al auto evaluar su trabajo, al analizar que conocimientos requiere generar para la resolver el problema en curso, entre otros, todo lo cual conforman una excelente retroalimentación para la mejora continua de la metodología.

7 Resultados

La aplicación de la metodología permitió alcanzar una serie de objetivos educacionales en los estudiantes:

Adquirir experiencia de los problemas del mundo real: Tomar decisiones, elaborar informes adecuados, llevar control del proyecto vía programación y presupuesto, responder al cambio en la solicitud de los clientes y trabajar con limitación de recursos.

Desarrollo de liderazgo y trabajo en equipo: Vivenciar la división del trabajo, delegación de responsabilidades, aplicación de la autoridad, asumir responsabilidad, resolver conflictos, utilizar una variedad de talentos y habilidades, desarrollar evaluación y crítica personal, y corregir errores.

Incrementar la comprensión de los estudiantes de los procesos de diseño en ingeniería: Establecer planes de trabajo, llevar negociaciones, ejecución y evaluación, estudio de factibilidad, diseño preliminar, pruebas en terreno, producción, servicio y seguridad.

Incrementar las habilidades de los estudiantes para la aplicación de materiales: Reconocer aplicaciones y limitaciones, realidad vs modelos, predicciones y variedad de control, comparación entre análisis, experimentación, cálculo, simulación y optimización.

Obtener percepción del mundo real: Desarrollando metas y planes, sentido de la complejidad, dificultad y tiempo involucrado en resolver problemas reales.

Respecto al grado de satisfacción de los estudiantes con el uso de la metodología de Clínicas de Ingeniería, se utilizó un cuestionario de satisfacción. Dado lo extenso de los resultados destacaremos algunas de las respuestas dadas por los estudiantes:

Respecto a integración de lo teórico y lo práctico, un 94,74% de los estudiantes está satisfecho o muy satisfecho con esta afirmación.

El aporte del trabajo en equipo al aprendizaje, el 100% de los estudiantes indica que está muy satisfecho o satisfecho con relación a que mejoran sus posibilidades de aprendizaje al trabajar en equipo.

Satisfacción con la metodología, un 84,21% está muy satisfecho o satisfecho con el trabajo con problemas reales.

Respecto a si recomendaría la metodología para que se use en otras asignaturas un 89,47% dice que sí la recomendaría.

8 Conclusiones

Con el desarrollo de este proyecto fue posible diseñar e implementar, en forma piloto, la metodología de clínicas de ingeniería en la carrera Ingeniería Civil Industrial, Sede Iquique, de la Universidad de Tarapacá.

La aplicación de la metodología de Clínicas de Ingeniería en la Universidad de Tarapacá permitió demostrar que es posible resolver problemas reales de las empresas al interior de una asignatura del plan curricular.

Los estudiantes al trabajar con la metodología de Clínicas de Ingeniería tuvieron la posibilidad de alcanzar una serie de objetivos educacionales y en todos los casos se llegó a un producto útil para las empresas o comunidad.

Para llegar a la implementación definitiva en los programas curriculares, se requiere rediseñar la metodología de clínicas de ingeniería que permita la aplicación a la realidad de las instituciones de educación superior chilenas.

Con la utilización de la metodología de Clínicas de Ingeniería se contribuye a los desafíos regionales de formación de capital humano calificado para las necesidades de las empresas de la región y del país.

El uso de la metodología de Clínicas de Ingeniería también aporta a la consolidación de la aplicación del modelo educativo institucional de la universidad, favoreciendo el desarrollo de competencias priorizadas por la universidad y demandadas por el mundo laboral.

Se puede evidenciar que los estudiantes están altamente satisfechos con el aspecto de trabajo en equipo con el uso de la metodología de clínicas de ingeniería.

Referencias

- [1] C. Muñoz, «Competencias y desafíos profesionales para la ingeniería del siglo XXI.» Santiago, 2016.
- [2] M. Picket-May y J. Avery, «Work In Progress: Teaching the Art of Learning in Engine,» de *ASSE/IEEE Frontiers in Education Conference*, Savannah, 2004.
- [3] P. Shaktwippee, V. Inani y N. Shaktwippee, «Engineering for a Changing World: Future of Engineering Practice, Reseach, &Education,» *International Journal of Engineering and Technical Research*, vol. 1, n° 1, pp. 10-15, 2013.

- [4] J. Duderstadt J., «Engineering for a Changing World.» New York, 2010.https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1393-7_3
- [5] D. Mendez, «Nuevos retos en la formación de ingenieros.» *Revista cieciads de la educación*, vol. 1, n° 30, pp. 223-231, Julio-Diciembre 2007.
- [6] C. Dym L., S. Sheppard D. y J. Wesner W., «Designing Desing Education for the 21st Century.» de *A Report on Mudd Design Workshop II*, 1999.
- [7] C. Dym L., «Design, Systems, and Engineering Education.» *Int. J. Engng Ed.*, vol. 20, n° 3, pp. 305-312, 2004.
- [8] J. Magarian N. y W. Seering P., «Characterizing Engineering Work in a Changing Wold: Synthesis of a Typology for Graduates'Occupational Outcomes.» 2018.<https://doi.org/10.31224/osf.io/6yz37>
- [9] C. Edmonson P. y D. Summers C.S., «Structuring a Project Management Course to Develop Team Skills.» de *Proceedings of the 2005 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition* , 2005.
- [10] M. Barchilon G., «Integrating engineering design and engineering communication to enhance quality.» de *FIE'96: Proceeding of the 26th Annual Frontiers in Education*, 1996.
- [11] J. Rodriguez, «La formación del ingeniero en el siglo XXI.» de *Primer Simposio de Ingeniería*, 2008.
- [12] E. Fromm, «The Changing Engineering Educational Paradigm.» *Journal of Engineering Education*, pp. 113-121, April 2003. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2003.tb00749.x>
- [13] J. W. Prados, «Engineering Education in the United Stated: Past, Present, and Future.» de *International Conference on Engineering Education*, Rio de Janeiro, Brazil, 1998.
- [14] L. R. Vega-Gonzalez, «La educación ingeniería en el contexto global: propuesta para la formación de ingenieros en el primer cuarto del Siglo XXI.» *Ingeniería Investigación y Tecnologías*, vol. XIV, pp. 177-190, abril-junio 2013. [https://doi.org/10.1016/S1405-7743\(13\)72235-2](https://doi.org/10.1016/S1405-7743(13)72235-2)
- [15] J. H. McMasters y J. D. Lang, «Enhancing Engineering and Manufacturing Education: Industry Needs, Industry Roles.» de *ASSE Annual Conference and Exposition*, 1998.
- [16] A. Bright y J. R. Phillips, «The Harvey Mudd Engineering Clinic Past, Present, Future.» *Journal of Engineering Education*, pp. 189-194, April 1999. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.1999.tb00434.x>
- [17] C. Dym L., «Teaching Design to Freshmen: Style and Contat.» *Journal of Engineering Education*, pp. 1-8, October 1994.
- [18] M. Piket-May, J. Avery y L. Carlson, «1st Year Engineering Projects: A Multidisciplinary, Hand-on Introduction to Engineering Through a Community/University Collaboration in assitive Technology.» de *ASSE Conference*, 1995.
- [19] J. Stolk, R. Martello y S. Krumholz, «Student-Directd,Project-Based Learning in an Integrated Course Block.» de *Prooceding of the 2005 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*, 2005.
- [20] A. Marchese, R. P. Hesketh, K. Jahan, T. Chandrupatla, R. Dusseau, C. Slater y J. Schmalzel, «Design in Rowan University Freshman Engineering Clinic.» de *1997 Annual Conference of the American Society of Engineering Education*, Milwaukee, 1997.
- [21] P. Jansson, Y. Tang, R. Ramachandran, J. Schmalzel, S. Mandayam, R. Krchnaveck, L. Head, R. Polikar y R. Ordóñez, «The Role of the Engineering Clinic in Promoting an Agile ECE Learning Environment.» de *american Society for Engineering Education*, 2006.
- [22] C. Dym L., «Design and design center in engineering education.» *Artificial Intelligence for Engineering Desig, Analysis and Manufacturing*, n° 12, pp. 43-46, 1998. <https://doi.org/10.1017/S0890060498121030>
- [23] C. Dym L., J. Rossmann S. y S. Sheppard D., «On Designing Engineering Education: Lessons Learned at Mudd Design Workshop IV.» *Int.J.Engng Ed.*, vol. 20, n° 3, pp. 470-474, 2004.
- [24] W. Durgin W. y E. Parrish A., «Redesigning Engineering Education.» de *Engineering Foundation Conferences*, New York, 1998.
- [25] C. L. Dym, «Learning Engineering: Design, Languages, and Experiences.» *Journal of Engineering Education*, vol. 88, n° 2, 145-148 March 2003. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.1999.tb00425.x>
- [26] S. Sheppard y R. Jenison, «Examples of Freshman Design Education.» *Int.J.Engng Ed.*, vol. 13, pp. 248-261, 1997.
- [27] D. Nurjanah, «The Granularity of Collaborative Work for Creating Adaptive Learning Resources.» de *Proceeding of the 6th International Conference on Computer Supported Education*, 2014.
- [28] A. J. Dutson, R. H. Todd, S. P. Magleby y C. D. Sorensen, «A Review of Literature on Teaching Engineering Design Through Project-Oriented Capstone Courses.» *Journal of Engineering Education*, pp. 17-28, January 1997. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.1997.tb00260.x>
- [29] R. H. Todd, S. P. Magleby, C. D. Sorensen, B. R. Swan y D. K. Anthony, «A Survey of Capstone Engineering Courses in North America.» *Journal of Engineering Education*, pp. 165-174, April 1995.<https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.1995.tb00163.x>
- [30] R. L. Miller y B. M. Olds, «A Model Curriculum for a Capstone Course in Multidisciplinary Engineering Design.» *Journal of Engineering Education*, pp. 1-6, October 1994.
- [31] E. W. Ernst y I. C. Peden, «Realizing the New Paradigm for Engineering Education.» de *Engineering Foundation Confereces*, New York, 1998.
- [32] C. Dym L., J. Wesner W. y L. Winner, «Social Dimensions of Engineering Design.» de *Mudd Design Workshop III*, 2003. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2003.tb00746.x>
- [33] C. Dym L., «Teaching Design to Freshmen: Style and Content.» *Journal of Engineering Education*, pp. 1-8, October 1994.
- [34] W. Phillips M., G. Peterson D. y K. Aberle B., «Quality Assurance for Engineering Education in a Changing World.» *Int. J. Engng Ed.*, vol. 16, n° 2, pp. 97-103, 2000.
- [35] A. Bright, «Student, Faculty and Liaison Roles in the Engineering Clinic Program at Harvey Mudd College.» de *Technology-Based Re.Engineering Engineering Education Proceedings of Frontiers in Education FIE'96 26th Abnnual Conference*, 2002.
- [36] J. Kadlowec, K. Bhatia, T. Chandrupatia R., J. Chen C., E. Constans, H. Hartman, A. Maechese J., P. v. Lockette y H. Zhang, «Design Integrated in the Mechanical Engineering Curriculum: Assesment of the Engineering Clinics.» *J. Mech. Des.*, vol. 129, n° 7, pp. 682-691, July 2007. <https://doi.org/10.1115/1.2722788>
- [37] C. L. Dym, A. M. Agogino, O. Eris, D. D. Frey y L. J. Leifer, «Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning.» *Journal of Engineering Education*, pp. 103-120, January 2005. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00832.x>
- [38] R. Hesketh , K. Jahan, A. Marchese, C. Slater, J. Schmalzel, T. Chandrupatla y R. Dusseau, «Multidisciplinary Experimental Experiences in the Freshman Engineering Clinic at Rowan University.» de *Annual Conference of the American Society for Engineering Education*, Milwaukee, 1997.

R.F. Jiménez-Ramírez, recibió el título de Ingeniero Civil Químico en 1984, el título de Magister en Ingeniería Industrial en 2001 ambos en la Universidad de Concepción, Chile y el Magister en Dirección Estratégica en 2010 en la Universidad de Tarapacá. De 1989 a 2012 trabajó en la Universidad Arturo Prat en Chile y desde 2013 es Profesor Asociado en la Universidad de Tarapacá, fue Jefe de carrera de Ingeniería Civil Industrial, actualmente es Director del Departamento de Ingeniería y Tecnologías. Sus intereses investigativos incluyen: dirección estratégica, liderazgo, recursos y capacidades, metodologías de enseñanza-aprendizaje, evaluación del aprendizaje y diseño curricular.
ORCID: 0000-0002-1231-1688

P. Guicharrouse Luza, recibió los títulos de Ingeniero Civil Electrónico (año 2011) e Ingeniero Civil Eléctrico (año 2015), ambos de la Universidad de Tarapacá, Arica, Chile. Obtuvo el grado de Máster en Docencia y Gestión Universitarias (año 2014) de la Universidad Autónoma de Barcelona, España. Ha desempeñado labores como asistente de investigación en la RWTH Aachen University (2010), Alemania, y desde 2012 como académico de la Universidad de Tarapacá, Iquique, Chile. Sus áreas de estudio contemplan: electrónica de potencia, control automático, energías renovables y educación en ingeniería.

[ORCID: 0000-0003-0116-5555](#)

J. Díaz-Ramírez recibió el título profesional de Ingeniero Civil en Computación e Informática y el grado de magister en Ingeniería de Software en 2009, de la Universidad de Tarapacá. Además, en el año 2015 recibió el grado de Magister en Tecnologías de la Información de la Universidad Técnica Federico Santa María, en Chile. Ha trabajado como Jefe de Carrera de Ingeniería Civil en Informática del Departamento de Ingeniería y Tecnologías. Sus intereses de investigación incluyen Deep Learning, Machine Learning y Data Mining.

[ORCID: 0000-0001-5335-576X](#).