

LIFELONG LEARNING: ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN DIRECTAS E INDIRECTAS EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA

Isabel Hilliger - Pontificia Universidad Católica de Chile - ihillige@ing.puc.cl

Ximena Hidalgo - Pontificia Universidad Católica de Chile - xhidalgo@ing.puc.cl

Jorge Baier - Pontificia Universidad Católica de Chile - jabaier@ing.puc.cl

RESUMEN

Los actuales contextos profesionales demandan el despliegue de diversas y complejas habilidades que los ingenieros deberán poner en juego en su ejercicio laboral. En este marco, el desarrollo de competencias transversales surge como complemento fundamental a aquellas competencias de carácter disciplinar. Si bien, en el recorrido curricular el desarrollo de las competencias transversales es considerado central para la formación de los futuros ingenieros, de igual forma resulta desafiante la tarea de evaluar habilidades que no son directamente medibles a través de estrategias de evaluación tradicionales. En este trabajo se presentan estrategias directas e indirectas para evaluar la competencia Aprendizaje a lo largo de la vida o lifelong learning. Esto forma parte del proceso desarrollado por la Escuela de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile cuyo objetivo es la recolección de evidencia para dar cuenta del logro de las competencias de egreso estipuladas por ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology). Finalmente, se presentan los resultados de la medición realizada durante el segundo semestre del 2017 en los cursos correspondientes a los cinco programas de ingeniería bajo el proceso de acreditación.

PALABRAS CLAVES: Educación en Ingeniería, Perfil de egreso, Medición y Evaluación, Competencias Transversales, Aprendizaje a lo Largo de la Vida, lifelong learning.

INTRODUCCIÓN

En un contexto de constante cambio, la formación de los futuros ingenieros y de otros profesionales requiere complementar la entrega de conocimientos disciplinares con el desarrollo de competencias transversales (O'Neill et al., 2015). En respuesta a la globalización y la rapidez de los cambios tecnológicos (Lang, Cruse, McVey, & McMasters, 1999; Shuman, Besterfield-Sacre, & J, 2005), agencias como la Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET) y la Canadian Engineering Accreditation Board (CAEB) han incorporado en sus criterios de acreditación el desarrollo de competencias tales como comunicación efectiva, trabajo en equipo, entendimiento ético y aprendizaje a lo largo de la vida o lifelong learning (O'Neill et al., 2015; Shuman et al., 2005).

Dado el creciente rango de competencias que deben desarrollar los futuros ingenieros, es altamente probable que los estudiantes de ingeniería no aprendan toda la teoría ni adquieran todas las habilidades requeridas al momento del egreso (Prabhuswamimath, Siddalingeshwar, Angadi, Kodancha, & Kotabagi, 2016; Siewiorek, Shuman, Besterfield-Sacre, & Santelli, 2010). Esto ha conllevado a que la competencia de lifelong learning se haya vuelto una de las más importantes por desarrollar en los futuros ingenieros (O'Neill et al., 2015). Por lifelong learning, nos referimos a la continua voluntad y capacidad de aprender, ya sea por motivos personales o profesionales (Prabhuswamimath et al., 2016). Esto permite a las personas adquirir conocimientos y desarrollar habilidades a lo largo de sus vidas, evitando su obsolescencia técnica y social (Shuman et al., 2005). Por consiguiente, quienes desarrollan esta capacidad, tienen más probabilidades de desempeñarse exitosamente en el trabajo y en la vida (Wang, Fang, & Johnson, 2008).

Este trabajo analiza la evidencia recolectada por la Escuela de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile (Ingeniería UC) para la acreditación ABET de cinco programas de ingeniería con el

objetivo de identificar las estrategias directas e indirectas utilizadas para medir y evaluar la competencia de lifelong learning. Uno de los criterios de ABET requiere dar cuenta del desarrollo de esta competencia, por lo que fue medida en distintos cursos de Ingeniería UC. Algunas de las estrategias utilizadas dan cuenta de la capacidad de los alumnos de aprender y aplicar conocimientos fuera del contexto del curso (Wang et al., 2008), así como declarar su percepción sobre la información proveniente de distintos recursos que son complementarios a lo visto en clases (Shuman et al., 2005). Sin embargo, los profesores aún requieren de apoyo en el diseño y planificación de sus cursos, de tal forma de incorporar metodologías de enseñanza y sistemas de evaluación para asegurar la coherencia con la competencia de la cual se debe dar cuenta.

EL DESAFIO DE FORMAR INGENIEROS CAPACES DE APRENDER A LO LARGO DE LA VIDA

Pese a que se han hecho muchos esfuerzos para desarrollar esta competencia en futuros ingenieros, se desconoce cómo medir y evaluar el desarrollo de esta capacidad en estudiantes de ingeniería (Hicks & Aleong, 2016; Shuman et al., 2005). Por una parte, existe cierta ambigüedad respecto a qué comportamientos están asociados a esta competencia, de manera de poder medir su desarrollo de forma directa (Passow & Passow, 2017). Por otra parte, esta misma ambigüedad conlleva a múltiples interpretaciones de su significado, lo que también dificulta mediciones indirectas a nivel de percepción o de conciencia (Hicks & Aleong, 2016).

Si bien no es una tarea fácil, en los últimos años, la mayoría de las escuelas de ingeniería han intentado complementar el foco tradicional (medición de logros de los estudiantes de manera inmediata), con el desarrollo de habilidades medibles de manera más compleja, como la competencia de lifelong learning (Jiusto, DiBiaso, 2006). Aún si se reconoce la importancia de esta habilidad, existen dificultades en definir esta competencia, y más aún con poder evaluarla. Esto en parte se debe a sus múltiples dimensiones y al hecho de que su observación no ocurre en un determinado momento, sino que a lo largo del tiempo. Es por esto que una forma de promover esta habilidad es enfrentar a los alumnos a ambientes de aprendizaje que conduzcan al desarrollo de habilidades relacionadas con ésta, tales como la habilidad de demostrar pensamiento analítico y crítico ante distintas fuentes de información (Shuman et al., 2005).

El éxito en el desarrollo de esta habilidad se considera indirectamente medible dado que se relaciona con desempeños futuros, sin embargo, la literatura aporta algunos aspectos metodológicos claves, tales como incluir en el currículo experiencias reales, problemas de resolución abierta, promover proyectos donde el estudiante pueda estar inmerso y dedicado por un periodo prolongado de tiempo, entre otros (Jiusto, DiBiaso, 2006).

Para avanzar en esta línea, se han identificado descriptores o actitudes que se reconocerán como precursoras de lifelong learning, tales como: habilidades relacionadas con búsqueda de información, pensamiento crítico, habilidades de investigación, enfrentarse a material no conocido previamente, etc. (Jiusto & DiBiaso, 2006). Otros autores complementan estos aspectos con habilidades comunicativas; conciencia del propio proceso de aprendizaje; identificar, recuperar y organizar información; reflexionar sobre el propio aprendizaje, entre otros (Shuman, 2005).

Por lo anterior, las instituciones de educación superior se enfrentan al desafío de no sólo declarar en su perfil de egreso habilidades transversales como lifelong learning, si no de implementar estrategias de carácter metodológico para desarrollar dichas competencias, así como sistemas de evaluación acorde para evidenciar su efectivo logro. A continuación, se dará cuenta de la estrategia de Ingeniería UC para abordar dicho desafío.

LA ESTRATEGIA DE LA UC PARA INCORPORAR EL APRENDIZAJE A LO LARGO DE LA VIDA EN SUS PROGRAMAS DE INGENIERÍA

En junio del 2016, Ingeniería UC requería presentar evidencia a ABET para acreditar cinco programas por una segunda vez: 1) Ingeniería Mecánica, 2) Ingeniería Química, 3) Ingeniería de Computación, 4) Ingeniería Eléctrica, 5) Ingeniería Civil. Con el fin de recolectar evidencia sobre el logro de competencias a nivel de los cursos para cumplir con el criterio 4 de mejora continua, se implementó un plan de medición y evaluación de las once competencias propuestas por ABET. Este plan se implementó entre el 2015 y el 2017, contemplando seis semestres, y en cada semestre, se midieron una o dos competencias (ver el [Anexo N°1](#)).¹¹ La competencia i), la habilidad para reconocer la necesidad de aprendizaje a lo largo de la vida o lifelong learning, fue medida y evaluada durante el segundo semestre del 2017.

La Figura N°1 describe en detalle las tareas realizadas para recolectar evidencia sobre el logro de esta competencia. Previo al inicio del semestre, los jefes de programa confirmaron la nómina de cursos que medirían esta competencia. Luego, los profesores de los cursos designados participaron de un taller sobre cómo medir competencias, en el cual se revisó la alineación entre la competencia propuesta por ABET y los resultados de aprendizaje observables en cada curso. También se revisó la alineación entre instrumentos de evaluación utilizados en el curso e indicadores de desempeño de la competencia. Para este fin se diseñaron rúbricas por cada competencia ABET, sugiriendo cuatro indicadores por competencia a nivel de programa. Cada indicador de desempeño describe una acción concreta en el cual la competencia podría ser observada.¹²

Una vez iniciado el semestre, el profesor estableció un plan de medición a partir de un instrumento denominado rationale, en el cual el profesor define qué instrumento(s) de evaluación darán cuenta de los indicadores de desempeño de la competencia designada (ver [Anexo N°2](#)).¹³ Durante el transcurso del semestre, se recolectó evidencia del logro de la competencia, lo cual consistió en las notas o puntajes de los estudiantes en el o los instrumentos utilizados para medir la competencia, además de obtener una muestra de los instrumentos en donde los estudiantes demuestran distintos niveles de desempeño. Al finalizar el semestre, el jefe de programa coordinó una reunión de evaluación curricular, instancia en la que los profesores a cargo de medir lifelong learning presentaron los logros de esta competencia.

¹¹ Anexo N°1: <http://bit.ly/2DEPUBF>

¹² <https://www.abet.org/wp-content/uploads/2015/04/program-outcomes-and-performance-indicators.pdf>

¹³ Anexo N°2: <http://bit.ly/2N8C36n>

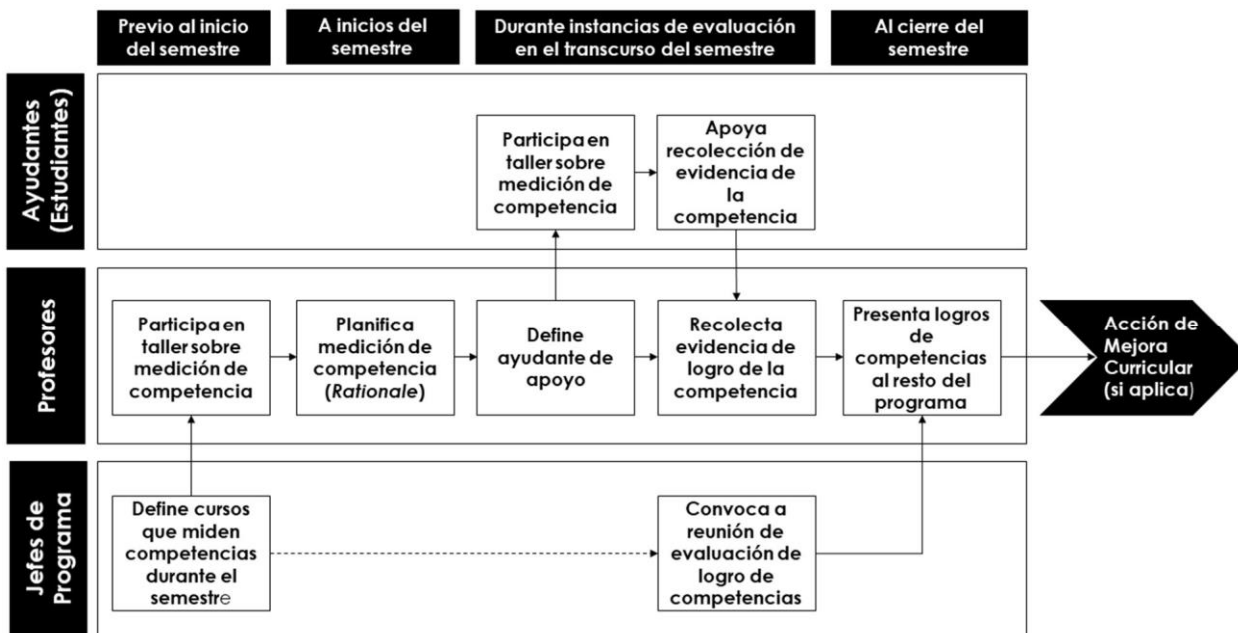


Figura N° 1. Actividades semestrales para medir logro de la competencia de lifelong learning durante el segundo semestre del 2017.

Para medir la competencia de lifelong learning se definió una nómina de ocho cursos que debieron recolectar evidencia del logro de esta competencia para cada uno de los cinco programas evaluados. Los cursos fueron seleccionados según la matriz de tributación de competencias de cada programa. Estos cursos fueron: 1) Ciencias de los Materiales, 2) Procesos de Manufactura, 3) Diseño de Procesos Químicos, 4) Programación Avanzada, 5) Tecnología y Aplicaciones Web, 6) Laboratorio de Mediciones Eléctricas, 7) Análisis Estructural I, y 8) Ingeniería Ambiental. La Tabla N°1 describe la documentación analizada para identificar distintas estrategias para evaluar la competencia y la tarea semestral de la cual fue obtenida. A partir de esta documentación, se identificaron las estrategias de evaluación utilizadas, y luego se clasificaron como directas (medición de un resultado de aprendizaje) e indirectas (medición de la percepción de lo aprendido por parte de los estudiantes).

Tabla N° 1. Detalle de la documentación recolectada en las distintas actividades semestrales realizadas para medir logro de competencias entre el 2015 y 2017

Actividades semestrales de trabajo con profesores	Documentación recolectada por cada una de las actividades semestrales
<ul style="list-style-type: none"> • Taller sobre medición de competencia • Planificación de medición de competencia • Recolección de evidencia • Presentación de logro de competencias 	<ul style="list-style-type: none"> • Presentaciones a profesores • Rationales de medición en base a rúbricas (*) • Planillas de notas o puntajes • Gráficos de logro de competencias

(*) Ver [Anexo N°2](#)

RESULTADOS

La Tabla N°2 describe las estrategias de evaluación utilizadas en los distintos cursos en que se recolectó evidencia sobre el logro de la competencia de lifelong learning durante el segundo semestre

del 2017, además de indicar el tipo de estrategia utilizada (directa o indirecta). Las subsecciones a continuación complementan la información presentada en esta tabla presentando primero el desempeño en las estrategias directas y luego en las indirectas.

Tabla N° 2. Estrategias de evaluación utilizadas en los cursos que recolectaron evidencia de logro de la competencia de life-long learning durante el segundo semestre del 2017.

Nombre del curso	Estrategias de evaluación	Tipo de estrategia
Ciencias de los Materiales	Preguntas de prueba sobre bibliografía de hallazgos recientes en Ciencia de los Materiales	Directa
Procesos de Manufactura	Cuestionario sobre uso de bibliografía (primera prueba) u otro sobre la necesidad de expandir los contenidos vistos (examen del curso)	Indirecta
Diseño de Procesos Químicos	Reflexiones y conclusiones de los estudiantes en un informe sobre las implicancias de un diseño ante distintas alternativas de solución	Directa
Programación Avanzada	Tarea sobre tecnologías que se utilizan en el contexto laboral	Directa
Tecnología y Aplicaciones Web	Cuestionario sobre uso de recursos adicionales ofrecidos por el curso	Indirecta
Laboratorio de Mediciones Eléctricas	Dos preguntas de examen sobre el uso de equipamiento utilizado en el laboratorio en un contexto real	Directa
Análisis Estructural I	Cuestionario sobre clase optativa en relación a programas comerciales de análisis estructural	Indirecta
Ingeniería Ambiental	Revisión sistemática de información para la entrega parcial de un proyecto del curso y evaluación de la entrega final	Directa

ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN DIRECTAS PARA EL DESARROLLO DE LA COMPETENCIA DE LIFE-LONG LEARNING

Las Figuras N°2 a la 4 describen el desempeño de distintos grupos de estudiantes en diferentes estrategias directas para evaluar el desarrollo de la competencia de lifelong learning. Tanto en la Figura N°2 (a) como en la N°2(b) se observa el dominio de los estudiantes de contenidos que van más allá del curso en instancias formativas y sumativas respectivamente. Pese a que, en el primer caso, el rendimiento decae con el transcurso del semestre, en ambos casos el rendimiento es por sobre lo esperado por los profesores, habiendo más de un 70% de los estudiantes capaces de extender lo aprendido al curso a hallazgos científicos recientes o a la aplicación de lo aprendido en un laboratorio al contexto real.

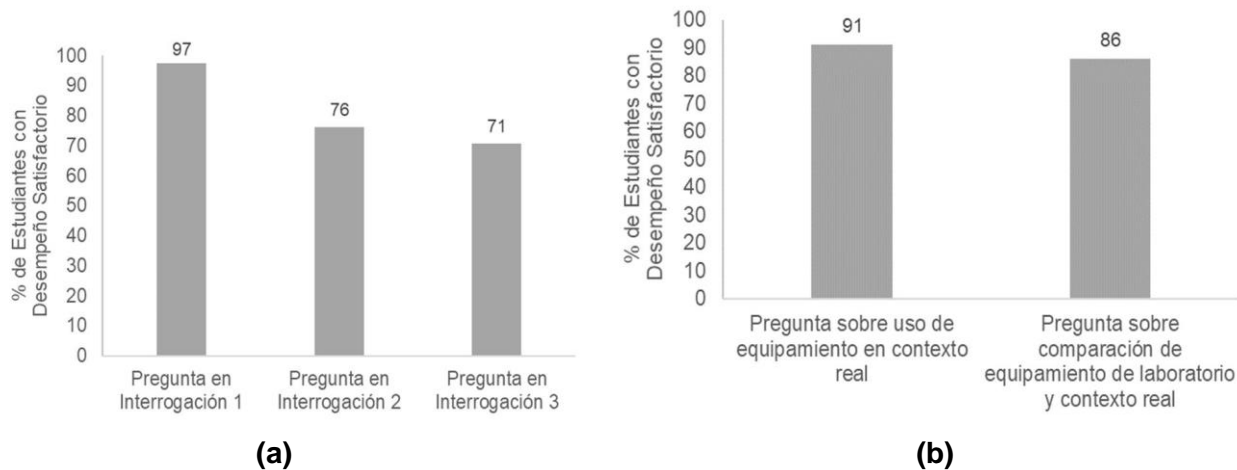


Figura N° 2. (a) Desempeño de los estudiantes del curso Ciencias de los Materiales en preguntas de distintas pruebas sobre bibliografía de hallazgos recientes en ciencia de los materiales. (b) Desempeño de los estudiantes del curso de Laboratorio de Mediciones Eléctricas en distintas preguntas de examen sobre el uso de equipamiento del laboratorio en un contexto real

La Figura N° 3 muestra el desempeño de los estudiantes en dos tareas de Programación Avanzada sobre tecnologías que se utilizan en el contexto laboral: una tarea sobre el uso de repositorios Git, tecnología para controlar las versiones de un software y la otra sobre Web Services, tecnología que utiliza un conjunto de protocolos y estándares que sirven para intercambiar datos entre aplicaciones. En la primera tarea, menos del 50% de los estudiantes demuestra un desempeño satisfactorio, mientras que, en la segunda tarea, el 100% de los estudiantes logra un buen desempeño.

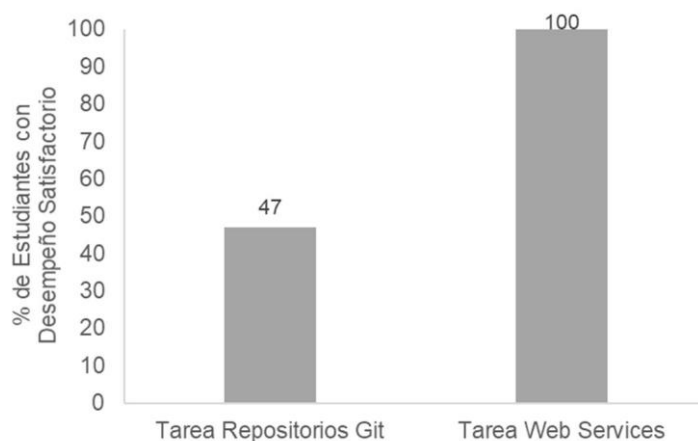
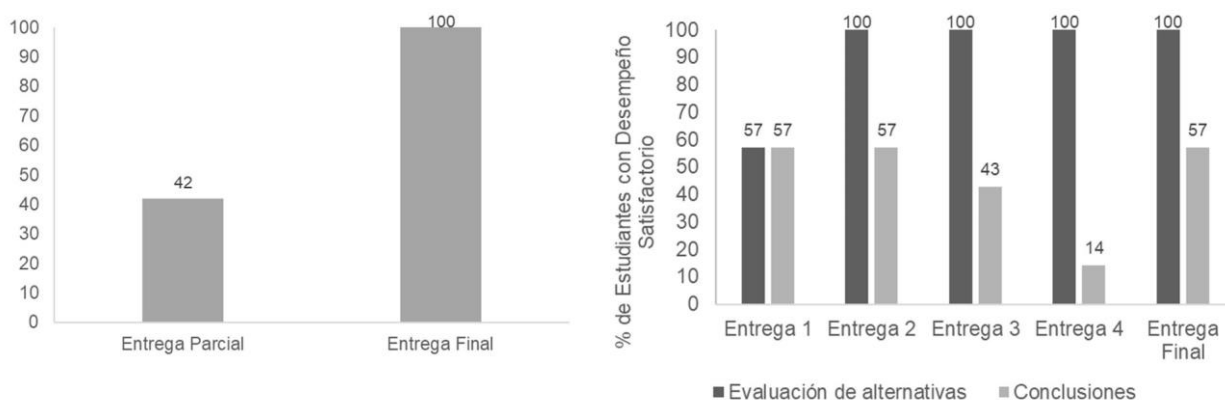


Figura N° 3. Desempeño de los estudiantes del curso de Programación Avanzada en distintas tareas sobre tecnologías que se utilizan en un contexto laboral

Las Figuras N° 4(a) y 4(b) muestran el desempeño de equipos de estudiantes en distintos entregables de proyectos de los cursos de Ingeniería Ambiental y de Diseño de Procesos Químicos respectivamente. En el caso de Ingeniería Ambiental, menos de un 50% de los estudiantes demuestran un desempeño satisfactorio en la entrega parcial, la cual requería la revisión de distintas fuentes de información para formular una idea de proyecto en línea con necesidades actuales. No obstante, el 100% de los estudiantes logra un desempeño satisfactorio en la entrega final, donde presentaron todos los resultados de su proyecto, incorporando más bibliografía y más reflexión sobre lo aprendido como equipo. En el caso de Diseño de Procesos Químicos, todos los estudiantes demuestran la capacidad

de identificar distintas alternativas de evaluación. Sin embargo, un porcentaje menor logra extraer conclusiones de su toma de decisiones, por lo que no se dispone de evidencia directa de su capacidad analítica.



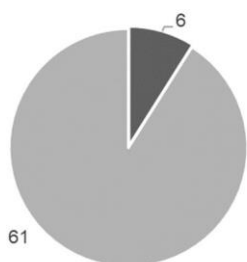
(a)

(b)

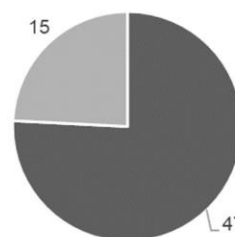
Figura N° 4. (a) Desempeño de los estudiantes del curso de Ingeniería Ambiental en distintas entregas de un proyecto que requería revisión de fuentes bibliográficas. (b) Desempeño de los estudiantes del curso de Diseño de Procesos Químicos en la evaluación de distintas alternativas de diseño y sus conclusiones en diferentes entregas

ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN INDIRECTAS PARA EL DESARROLLO DE LA COMPETENCIA DE LIFE-LONG LEARNING

Las Figuras N°5 a la 7 describen el desempeño de distintos grupos estudiantiles en diferentes estrategias indirectas para evaluar el desarrollo de la competencia de lifelong learning. Todas las estrategias presentadas a continuación requieren la aplicación de un cuestionario para conocer la percepción de los estudiantes sobre recursos o instancias optativas para expandir lo aprendido durante el desarrollo del curso. La Figura N° 5 (a) presenta el número de estudiantes que declara haber realizado la lectura optativa del curso Procesos de Manufactura ante una instancia de evaluación formativa (i.e. interrogación). En contraste, la Figura N° 5 (b) presenta el número de estudiantes que declara interés por expandir los contenidos del curso en una instancia sumativa del curso (i.e. examen).



- Realiza lectura optativa de los contenidos del curso.
- No realiza lectura optativa.



- Es necesario continuar aprendiendo sobre los contenidos del curso.
- No es necesario.

(a)

(b)

Figura N° 5. (a) Cuestionario sobre uso de bibliografía optativa del curso en prueba del curso Procesos de Manufactura. (b) Cuestionario sobre necesidad de expandir contenidos del curso en pregunta de examen del curso Procesos de Manufactura.

La Figura N°6 muestra los resultados de un cuestionario formativo aplicado en el curso de Tecnologías y Aplicaciones Web para identificar el conocimiento, uso y utilidad percibida de distintos recursos del curso, los cuales son ofrecidos para que los estudiantes tengan oportunidades de expandir lo aprendido durante las clases. En la misma línea, la Figura N°7 muestra los resultados de un cuestionario del mismo tipo aplicado en el curso de Análisis Estructural para saber los beneficios optativos de una clase sobre herramientas comerciales que se utilizan en el ámbito profesional.

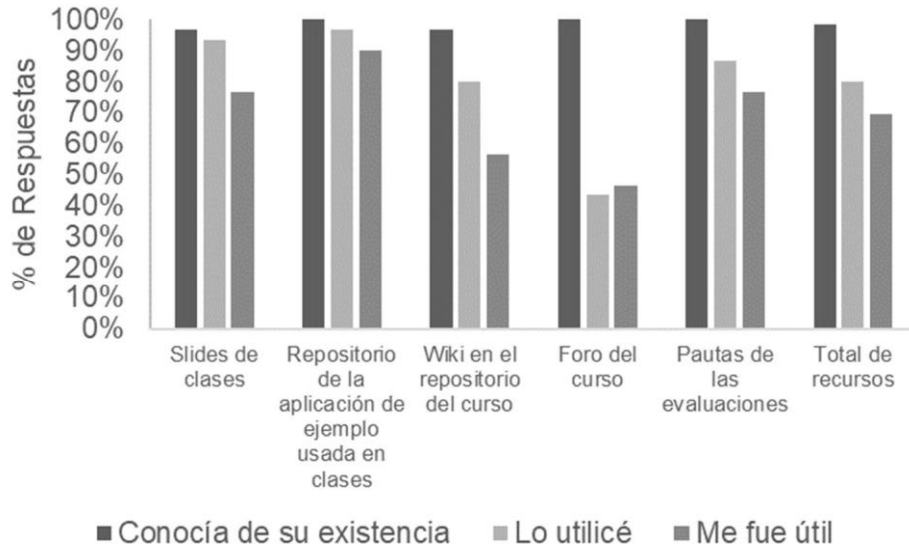


Figura N° 6. Cuestionario sobre uso de recursos adicionales ofrecidos por el curso de Tecnologías y Aplicaciones Web.

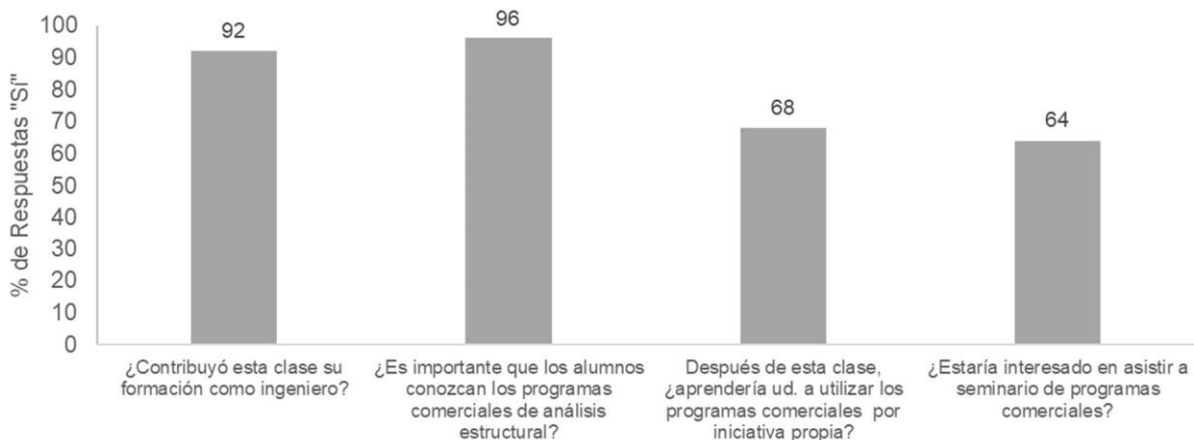


Figura N° 7. Cuestionario sobre clase optativa de programas comerciales aplicado en el curso de Análisis Estructural.

CONCLUSIONES

Ante la inminente importancia de incorporar el desarrollo de la competencia de lifelong learning en el proceso formativo de futuros ingenieros, se han identificado diferentes tipos de estrategias para medir y evaluar esta competencia.

Una estrategia es de tipo directa, lo cual implica que los profesores asignen un puntaje o nota a la capacidad del estudiante de adquirir y/o aplicar conocimiento relacionado con lo visto en el curso, pero que trasciende el alcance de lo visto en clases. Este tipo de estrategia se puede incorporar a preguntas de pruebas, tareas e incluso entregables de proyectos. La otra estrategia es de tipo indirecta, lo cual implica que los profesores recolecten información sobre la percepción de los estudiantes ante recursos o instancias que les entregan conocimiento que va más allá del alcance del curso, pero que puede resultar relevante para su desempeño personal y profesional. Este tipo de estrategia está asociado a cuestionarios, los cuales pueden ser aplicados durante el transcurso y al término del semestre, de manera de que el estudiante se haga consciente de todas las oportunidades de aprendizaje que el curso le ofrece y de su relevancia una vez terminado éste.

Si bien la estrategia de Ingeniería UC para incorporar el desarrollo de la competencia de lifelong learning en sus programas de ingeniería ha permitido generar un proceso en que los docentes realizan un esfuerzo por vincular instrumentos de evaluación con dicha competencia, cabe señalar que no siempre se ha logrado identificar estrategias de medición con una evidente o directa relación, dadas las dificultades propias de esta competencia que ya han sido mencionadas.

Por tanto, en futuros estudios se espera avanzar hacia una mayor comprensión de estrategias metodológicas que permitan desarrollar esta habilidad, e instrumentos que permitan evaluarla a partir de desempeños concretos de los estudiantes. Queda por tanto planteado el desafío de sentar en el presente, las bases de una habilidad que será esencial en el quehacer futuro de nuestros ingenieros.

REFERENCIAS

- Hicks, N. M., & Aleong, R. J. (2016). Exploring ABET self-studies: A look at pedagogy, assessment, and evaluation of life-long learning. American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition.
- Lang, J. D., Cruse, S., McVey, F. D., & McMasters, J. (1999). Industry Expectations of New Engineers: A Survey to Assist Curriculum Designers. *Journal of Engineering Education*, 88(1), 43–51. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.1999.tb00410.x>
- O'Neill, T. A., Deacon, A., Larson, N. L., Hoffart, G. C., Brennan, R. W., Eggermont, M., & Rosehart, W. (2015). Life-long learning, conscientious disposition, and longitudinal measures of academic engagement in engineering design teamwork. *Learning and Individual Differences*, 39, 124–131. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2015.03.022>
- Passow, H. J., & Passow, C. H. (2017). What Competencies Should Undergraduate Engineering Programs Emphasize? A Systematic Review. *Journal of Engineering Education*, 106(3), 475–526. <https://doi.org/10.1002/jee.20171>
- Prabhuswamimath, S. P., Siddalingeshwar, I. G., Angadi, V., Kodancha, K. G., & Kotabagi, S. (2016). Enhancing communication skills and ability to engage in life-long learning through effective assignment ., 29(4).
- Shuman, L., Besterfield-Sacre, M., & J. (2005). The ABET 'Professional Skills'—Can They Be Taught? Can they Be Assessed? *Journal of Engineering*, (January). Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.135.1993&rep=rep1&ty pe=pdf>
- S. Jiusto & Dibiasio, D. (2006). Experiential Learning Environments: Do They Prepare Our Students to be Self-Directed, Life-Long Learners? *Journal of Engineering Education*, 95(3), 195-204.
- Siewiorek, N., Shuman, L., Besterfield-Sacre, M., & Santelli, K. (2010). Engineering , Reflection and Life Long Learning. In *Proceedings from the American Society of Engineering Education*.
- Wang, J., Fang, A., & Johnson, M. (2008). Ac 2008-324: enhancing and assessing life long learning skills through capstone projects. 2008 ASEE Annual Conference and Exposition. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-80053801919&partnerID=40&md5=f3d720cd81bb073419538920ab3520fb>